

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
CURSO DE ENGENHARIA AMBIENTAL

MAIK MAURO ALVES

**USO DA SEMENTE DE *Moringa oleifera* NO TRATAMENTO FÍSICO  
QUÍMICO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE PISCICULTURA**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

**LONDRINA**

**2015**

MAIK MAURO ALVES

**USO DA SEMENTE DE *Moringa oleifera* NO TRATAMENTO FÍSICO  
QUÍMICO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DE PISCICULTURA**

Projeto de pesquisa apresentado à disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso, do Curso de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Câmpus* Londrina, como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadora: Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira.

**LONDRINA**

**2015**



Ministério da Educação  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
Campus Londrina  
Coordenação de Engenharia Ambiental



## TERMO DE APROVAÇÃO

Título da Monografia

**USO DA SEMENTE DE *Moringa oleifera* NO TRATAMENTO FÍSICO QUÍMICO DE  
ÁGUA RESIDUÁRIA DE PISCICULTURA**

por

Maik Mauro Alves

Monografia apresentada no dia 16 de novembro de 2015 ao Curso Superior de Engenharia Ambiental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Londrina. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

---

Profa. Dra. Joseane Débora Peruço Theodoro  
(UTFPR)

---

Prof. Dr. Maurício Moreira dos Santos  
(UTFPR)

---

Profa. Dra. Edilaine Regina Pereira  
(UTFPR)  
Orientador

---

Profa. Dra. Ligia Flávia Antunes Batista  
Responsável pelo TCC do Curso de Eng. Ambiental

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na Coordenação do Curso

Aos meus pais Mauro e Zanete, obrigado por esta oportunidade e por acreditarem em mim.

## AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por me dar força e capacidade para superar as dificuldades durante a graduação. Muitas vezes, pensei em desistir por conta dos obstáculos encontrados, mas com ele encontrei fé e superação.

Aos meus pais Mauro e Zanete, pelo incentivo, confiança, conselhos, para que eu entendesse desde pequeno o quanto é importante estudar e adquirir conhecimento.

Meus agradecimentos à minha orientadora Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Edilaine Regina Pereira, pela confiança, amizade, oportunidade e pelos ensinamentos adquiridos durante este trabalho.

Aos meus amigos Guilherme Andrade, Roberta Ribeiro, Lívia Buono e Bruna Ricci Bicudo, fico agradecido pela ajuda durante o ensaio, tornando possível a execução deste trabalho.

Agradeço aos professores de graduação do curso de Engenharia Ambiental, pelos conhecimentos adquiridos, pelo empenho e dedicação durante esta jornada.

Aos meus amigos que tanto me ajudaram durante esses anos, pelos momentos felizes, pelas amizades sinceras.

Muito obrigado!

## RESUMO

ALVES, Maik M. **Uso da semente de *Moringa oleifera* no tratamento físico químico de água residuária de piscicultura**. 2015. 66p. Trabalho de Graduação (Engenharia Ambiental). Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2015.

Muitos coagulantes naturais vem sendo estudados para o tratamento alternativo e acessível de água e de efluentes. Dentre eles, podemos citar a *Moringa oleifera*. Esta tem origem indiana e através da sua proteína catiônica possibilita o processo de coagulação. O objetivo deste trabalho foi verificar a eficiência do coagulante natural extraído de semente de *Moringa oleifera* no tratamento de água residuária de piscicultura. Com o propósito de verificar a eficiência do coagulante, um pré ensaio foi realizado para se determinar a melhor concentração a ser aplicada. Após o pré-ensaio, verificou-se que as melhores concentrações foram de: C<sub>1</sub> 400 mg.L<sup>-1</sup>, C<sub>2</sub> 800 mg.L<sup>-1</sup> e C<sub>3</sub> 1200 mg.L<sup>-1</sup> do coagulante natural extraído da semente de *Moringa oleifera*. Os ensaios foram realizados no equipamento Jar Test para reproduzir o processo de coagulação/floculação/sedimentação. Os parâmetros analisados foram, turbidez, cor aparente, pH, condutividade elétrica, sólidos totais, sólidos fixos e sólidos voláteis. Verificou-se que para os parâmetros turbidez e cor aparente, a concentração C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>) apresentou as maiores eficiências de remoção, sendo estas de 44 e 45%, respectivamente. Para o pH, todas as concentrações não apresentaram grandes variações se comparado a amostra bruta (6,14), mantendo-se em uma faixa de 6,17 a 6,40. A concentração C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>) foi a que apresentou os maiores valores de condutividade elétrica, seguidas de C<sub>2</sub> (800 mg.L<sup>-1</sup>) e C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>). A concentração C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>) apresentou as melhores eficiências de remoção para a série de sólidos, sendo eles de 73% para sólidos totais, 31% para sólidos fixos e 85% para sólidos voláteis. As análises estatísticas mostraram que para os parâmetros pH e série de sólidos não houve diferenças significativas entre as diferentes concentrações, porém para turbidez, cor aparente e condutividade elétrica houve diferença significativa entre as três concentrações, com excessão para a turbidez no tempo 4 (33 minutos) e cor aparente nos tempos 3 (23 minutos) e 4 (33 minutos). Os resultados comprovaram a eficiência do coagulante natural extraído de semente de *Moringa oleifera* para o tratamento de água residuária de piscicultura.

**Palavras chave:** *Moringa oleifera*. Tratamento de água residuária. Piscicultura.

## ABSTRACT

ALVES, Maik M. **Use of *Moringa oleifera* seed in the chemical physical treatment wastewater water fish farming.** 2015. 66p. Final Paper. (Environmental Engineering). Federal Technological University of Paraná, Londrina, 2015.

Many natural coagulants have been studied for alternative and affordable water treatment, effluent and wastewater. Among them, we can mention *Moringa oleifera*. *Moringa oleifera* has Indian origin and through its cationic protein enables the coagulation process. The objective of this study is to test the efficiency of the natural coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed in the treatment of wastewater from fish farming. In order to verify the efficiency of coagulant, a pre-test was performed to determine the optimal concentration to be applied. After the pre-test, it was found that the best concentrations of the natural coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed were 400 mg/L<sup>-1</sup> for C1, 800 mg/L<sup>-1</sup> for C2, and 1,200 mg/L<sup>-1</sup> for C3. The tests were performed in Jar Test equipment to reproduce the process of coagulation/flocculation/sedimentation. The parameters analyzed were turbidity, apparent color, pH, electrical conductivity, total solids, fixed solids and volatile solids. The results have showed for turbidity and apparent color higher removal efficiencies for C3 concentration (1200 mg/L<sup>-1</sup>), respectively being 44 and 45%, after sedimentation tests. For pH, all concentrations had no major changes compared to the crude sample, remaining in a range of 6.17 to 6.40. C3 concentration (1200 mg/l<sup>-1</sup>) was the one with the highest values of electrical conductivity, followed by C2 (800 mg/l<sup>-1</sup>) and C1 (400 mg/l<sup>-1</sup>). C1 concentration (400 mg l<sup>-1</sup>) showed the best efficiency for the solid series, being 73% for total solids, 31% for fixed solids and 85% for volatile solids. The statistical analyzes showed for the pH parameters and solids series that there is no significant differences between different concentrations, however for turbidity, apparent color and electrical conductivity was no significant difference between the three concentrations with exception for the turbidity at time 4 (33 minutes) and apparent color the times 3 (23 minutes) and 4 (33 minutes). The results have proved the efficiency of the natural coagulant extracted from *Moringa oleifera* seed for the treatment of wastewater from fish farming.

**Keywords:** *Moringa oleifera*. Wastewater treatment. Fish farming.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Vagens e sementes de <i>Moringa oleifera</i> .....	28
Figura 2 – Laboratório de Saneamento UTFPR Londrina .....	30
Figura 3 – Equipamento Jar-Test .....	32
Figura 4 – Comportamento dos valores médios de turbidez ao longo do tempo de sedimentação.....	37
Figura 5 – Eficiência de remoção de Turbidez.....	38
Figura 6 – Comportamento dos valores médios de cor ao longo do tempo de sedimentação.....	41
Figura 7 – Eficiência de remoção de Cor Aparente.....	42
Figura 8 – Comportamento dos valores médios de pH ao longo do tempo de sedimentação.....	45
Figura 9 – comportamento dos valores médios de condutividade ao longo do tempo de sedimentação.....	47
Figura 10 – Comportamento dos valores médios de sólidos totais ao longo do tempo de sedimentação.....	51
Figura 11 – Eficiência de remoção de sólidos totais para as três concentrações .....	52
Figura 12 – Comportamento dos valores médios de sólidos fixos ao longo do tempo de sedimentação.....	53
Figura 13 – Eficiência de remoção de sólidos fixos para as três concentrações.....	54
Figura 14 – Comportamento dos valores médios de sólidos voláteis ao longo do tempo de sedimentação.....	54
Figura 15 – Eficiência de remoção de sólidos voláteis para as três concentrações.....	55



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Valores médios das variáveis físico-químicas .....	17
Tabela 2 – Padrões de lançamento de efluentes (inorgânicos).....	23
Tabela 3 – Padrões de lançamento de efluentes (orgânicos) .....	24
Tabela 4 – Processos coagulação/floculação/sedimentação. ....	32
Tabela 5 – Parâmetros analisados da água residuária de piscicultura, equipamentos e metodologia. ....	33
Tabela 6 – Organização dos resultados para a análise de variância.....	33
Tabela 7 – Valores brutos das amostras coletadas da água residuária de piscicultura.....	35
Tabela 8 – Eficiência de remoção de Turbidez em relação a amostra bruta.....	36
Tabela 9 – Valores médios para Turbidez durante a sedimentação.....	36
Tabela 10 – Análise de variância para a turbidez no tempo T1 (3 minutos).....	38
Tabela 11 – Análise de variância para a turbidez no tempo T2 (13 minutos).....	38
Tabela 12 – Análise de variância para a turbidez no tempo T3 (23 minutos).....	39
Tabela 13 – Análise de variância para a turbidez no tempo T4 (33 minutos).....	39
Tabela 14 – Comparação de médias para turbidez pelo teste de Tukey com 5% de significância.....	39
Tabela 15 – Eficiência de remoção de cor aparente em relação a amostra bruta.. .....	40
Tabela 16 – Valores médios para cor aparente durante a sedimentação.....	41
Tabela 17 – Análise de variância para a cor aparente no tempo T1 (3 minutos).....	43
Tabela 18 – Análise de variância para a cor aparente no tempo T2 (13 minutos).....	43
Tabela 19 – Análise de variância para a cor aparente no tempo T3 (23 minutos).....	43
Tabela 20 – Análise de variância para a cor aparente no tempo T4 (33 minutos).....	43
Tabela 21 – Comparação de médias para a cor aparente pelo teste de Tukey com 5% de significância.....	44

Tabela 22 – Valores médios para pH durante a sedimentação.....	44
Tabela 23 – Análise de variância para o pH no tempo T1 (3 minutos).....	46
Tabela 24 – Análise de variância para o pH no tempo T2 (13 minutos).....	46
Tabela 25 – Análise de variância para o pH no tempo T3 (23 minutos).....	46
Tabela 26 – Análise de variância para o pH no tempo T4 (33 minutos).....	46
Tabela 27 – Valores médios para condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) durante a sedimentação.....	47
Tabela 28 – Análise de variância para a condutividade elétrica no tempo T1 (3 minutos).....	48
Tabela 29 – Análise de variância para a condutividade elétrica no tempo T2 (13 minutos).....	49
Tabela 30 – Análise de variância para a condutividade elétrica no tempo T3 (23 minutos).....	49
Tabela 31 – Análise de variância para a condutividade elétrica no tempo T4 (33 minutos).....	49
Tabela 32 – Comparação de médias para a condutividade elétrica pelo teste de Tukey com 5% de significância.....	49
Tabela 33 – Valores médios para sólidos totais ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ).....	50
Tabela 34 – Análise de variância para sólidos totais.....	52
Tabela 35 – Valores médios para sólidos fixos ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ).....	53
Tabela 36 – Análise de variância para sólidos totais.....	53
Tabela 37 – Valores médios para sólidos voláteis ( $\text{mg}\cdot\text{L}^{-1}$ ).....	55
Tabela 38 – Análise de variância para sólidos voláteis.....	56

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO.....</b>	<b>12</b>
<b>2 OBJETIVOS.....</b>	<b>14</b>
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	14
<b>3 REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1 PISCICULTURA.....</b>	<b>15</b>
<b>3.2 QUALIDADE DA ÁGUA.....</b>	<b>18</b>
3.2.1 Processos De Tratamento Da Água.....	19
3.2.1.1 Coagulação.....	19
3.2.1.2 Floculação.....	20
3.2.1.3 Sedimentação.....	21
3.2.2 Legislação Ambiental.....	22
<b>3.3 USO DE COAGULANTES.....</b>	<b>25</b>
3.3.1 Coagulantes Químicos.....	25
3.3.1.1 Sulfato de Alumínio.....	25
3.3.1.2 Cloreto Férrico.....	26
3.3.2 Coagulantes orgânicos.....	26
3.3.2.1 Polímeros Catiônicos.....	26
3.3.2.2 <i>Moringa oleifera</i> .....	27
<b>4 METODOLOGIA.....</b>	<b>30</b>
4.1 LOCAL DE COLETA.....	30
4.2 LOCAL DO EXPERIMENTO.....	30
4.3 PRÉ-ENSAIO.....	31
4.3.1 Ensaio coagulação/floculação/sedimentação.....	31
4.4 PARÂMETROS ANALISADOS.....	32
4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	33
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>35</b>
5.1 TURBIDEZ .....	36
5.2 COR APARENTE.....	39
5.3 pH.....	44
5.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA.....	47

5.5 SÉRIE DE SÓLIDOS.....	50
5.5.1 SÓLIDOS TOTAIS.....	50
5.5.2 SÓLIDOS FIXOS.....	53
5.5.3 SÓLIDOS VOLÁTEIS.....	55
<b>6 CONCLUSÃO.....</b>	<b>57</b>
<b>REFERÊNCIA .....</b>	<b>58</b>
<b>ANEXO 1.....</b>	<b>64</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Sabe-se que a água é um elemento essencial para a manutenção e criação da vida, sendo usada para reações químicas, transporte de nutrientes, regulação da temperatura corporal, uso doméstico, industrial, agrícola, geração de energia entre outros.

O Brasil possui uma rica e extensa rede hidrográfica espalhada em todo seu território. Esse fato colaborou com que, no decorrer de sua ocupação, a população e os grandes centros urbanos se fixassem em torno de rios e de toda a costa brasileira. Além de fazer o uso para fins doméstico, industrial e somado a falta de saneamento, os rios ao redor dos grandes centros sempre foram utilizados para o lançamento de efluentes, causando impactos ambientais como contaminação e proliferação de doenças para os que residem em suas proximidades e que fazem uso desta água.

Uma fonte contaminante pouco estudada é proveniente da água residuária de piscicultura, onde o descarte incorreto sem o devido tratamento pode ocasionar o aumento significativo da carga poluidora, afetando negativamente o corpo hídrico receptor.

Sabe-se que a piscicultura gera um efluente que nem sempre é tratado antes de ser lançado aos corpos hídricos. Com isso, o tratamento com auxílio de coagulantes torna-se uma alternativa mais sustentável e de baixo custo podendo se tornar uma ferramenta para o tratamento da água residuária de piscicultura, além de não oferecer risco à saúde.

Algumas alternativas vem sendo estudadas por alguns autores como o uso de coagulantes naturais para clarificação das águas.

Segundo Schwarz (2000), as sementes de *Moringa oleifera* possuem quantidades significativas de proteínas solúveis em água que apresentam uma carga positiva. Quando as sementes trituradas são misturadas à água bruta, as proteínas produzem cargas positivas agindo como ímãs e induzem as partículas carregadas negativamente, como as argilas e partículas tóxicas na água.

Diante disso, torna-se importante conhecer os benefícios que tal coagulante traria ao tratamento de água residuária de piscicultura como uma alternativa sustentável.

Sendo assim, o objetivo desta pesquisa foi estudar a possibilidade do uso da semente de *Moringa oleifera* para a melhoria da qualidade da água residuária de tanques de piscicultura.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 OBJETIVO GERAL

Este experimento tem como objetivo geral, analisar o tratamento de água residuária de piscicultura através da aplicação da *Moringa oleifera* como coagulante natural.

### 2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Avaliar o efeito da *Moringa oleifera* como uma alternativa para a melhoria da qualidade da água de piscicultura;
- Avaliar a qualidade da água através da análise dos parâmetros turbidez, cor aparente, pH, condutividade elétrica e série de sólidos;
- Estudar a porcentagem de eficiência de remoção dos parâmetros turbidez, cor aparente, série de sólidos e acompanhar o comportamento dos parâmetros pH e condutividade elétrica;
- Comparar com a legislação pertinente a possibilidade de melhoria desta água residuária de piscicultura.

### 3 REFERENCIAL TEÓRICO

#### 3.1 PISCICULTURA

O Brasil reúne condições extremamente favoráveis para a aquicultura, em especial o seu grande potencial hídrico. São mais de 2,5 milhões de quilômetros quadrados em mar territorial e 5 milhões de hectares de água doce em reservatórios naturais e artificiais que poderão ser aproveitados na produção de organismos aquáticos. O cultivo de peixes nesse sistema é uma possibilidade de investimento de baixo custo e maior rapidez de implantação, onde possibilitaria um correto aproveitamento desses recursos hídricos e a crescente expansão da piscicultura industrial no país (CREPALDI, 2006).

Crepaldi (2006), considera a piscicultura um trabalho zootécnico e de caráter econômico. Essa concepção resulta no crescimento da atividade sob aspectos empresariais, com objetivo de fornecimento de alimento à maior parte da população, gerando empregos, melhoria de renda e impostos ao governo. A piscicultura é uma ótima opção de investimento agropecuário. Quando se trata de sistemas de produção em piscicultura, é importante destacar que cada sistema será mais adequado para diferentes situações devendo-se refletir os objetivos do empreendimento, o mercado no qual será atendido, a espécie de cultivo, a disponibilidade de água e energia elétrica, a área oferecida, os custos, as características climáticas da região, os aspectos legais junto aos órgãos ambientais entre outros.

A piscicultura continental está centralizada nas tilápias (principalmente no Nordeste, Sul e Sudeste); carpas (no Sul e Sudeste) e os peixes redondos, como o tambaqui (cultivado na região Norte, Nordeste e Centro-Oeste) e o tambacu (cultivado na região Centro-Oeste). Também com grande importância como peixe redondo, destaca-se o pacu, que é cultivado principalmente em Mato Grosso e Mato Grosso do Sul (OSTRENSKY et al., 2008).

Para Lopes (2012), a piscicultura no decorrer dos anos tem se mostrado uma opção a mais de renda para a população, melhorando seu nível de vida,



gerando renda e expandindo a tecnologia de criação de peixes em cativeiro, complementando o mercado regional e diminuindo a pressão da pesca sobre os rios da região.

De acordo com o Ministério da Pesca e Aquicultura (2014), atualmente o País produz aproximadamente 2 milhões de toneladas de pescado (levantamento preliminar de 2013), sendo 40% cultivados. A atividade gera um Produto Interno Bruto – (PIB) pesqueiro de R\$ 5 bilhões, mobiliza 800 mil profissionais entre pescadores e aquicultores e proporciona 3,5 milhões de empregos diretos e indiretos. O potencial brasileiro é grande e o País pode se tornar um dos maiores produtores mundiais de pescado.

Apesar da piscicultura ser uma forma rentável para muitas famílias, deve-se tomar atenção ao efluente gerado, uma vez que seu lançamento *in natura* aos corpos hídricos podem causar danos como contaminação de rios e riachos, eutrofização, alteração ecossistêmica, modificação nos índices de demanda bioquímica de oxigênio, demanda química de oxigênio, oxigênio dissolvido, mortalidade de peixes, além de poder influenciar negativamente na saúde de quem faz o uso desta água.

Infelizmente, ainda existem muitos piscicultores que não possuem conhecimento sobre o potencial poluidor da água residuária gerada. Assim acabam lançando o mesmo sem nenhum tipo de tratamento, podendo causar problemas ambientais.

Para que a aquicultura continue expandindo, é necessário que os métodos de tratamento de efluentes acompanhem o crescimento da atividade, e que sejam de baixo custo e de fácil operação. Seguindo este argumento, é crucial o desenvolvimento de sistemas fechados que permitam a produção de peixes e outros animais aquáticos com geração de efluentes em níveis admissíveis ambientalmente (SILVA et al., 2013).

As características do efluente gerado pela atividade de piscicultura são bem semelhantes ao do efluente doméstico, ou seja, apresentam alta demanda bioquímica de oxigênio e grande concentração de sólidos em suspensão, compostos nitrogenados e fosfatados. Esta semelhança permite uma comparação dos impactos provocados pelos cultivos, contribuindo para a eutrofização dos rios, riachos e lagos (ZANIBONI FILHO, 2005).

A matéria orgânica provenientes de fontes externas (esterco, ração, material dissolvido ou particulado) ou de fontes internas (fezes e restos de plantas e animais aquáticos) auxilia para o enriquecimento da água do viveiro. O enriquecimento artificial do ecossistema aquático, principalmente com nitrogênio e fósforo, promove o crescimento excessivo de algas e plantas aquáticas, muitas vezes acarretando na mortandade de peixes, devido a falta de oxigênio dissolvido na água (MERCANTE et al.,2007).

Silva (2001), obteve em seu experimento valores médios de variáveis físico-químicas do efluente de tilápia (*Oreochromis niloticus*) como mostra a Tabela 1.

**Tabela 1 : Valores médios das variáveis físico-químicas.**

Variáveis	Água de Abastecimento do Viveiro da Piscicultura	Efluente de Tilápia do Nilo ( <i>Oreochromis niloticus</i> )
Temperatura (°C)	25,5 ± 2,3	24,9 ± 2,1
Oxigênio dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	5,9 ± 1,2	4,4 ± 1,3
pH	7,6 ± 0,7	7,5 ± 0,8
Turbidez (NTU)	10,0 ± 4,0	13,0 ± 12,0
N-orgânico total (mg.L <sup>-1</sup> )	0,20 ± 0,03	0,34 ± 0,06
N-orgânico dissolvido (mg.L <sup>-1</sup> )	0,16 ± 0,03	0,25 ± 0,05
P-total (µg.L <sup>-1</sup> )	22,1 ± 10,4	74,9 ± 18,4
P-dissolvido (µg.L <sup>-1</sup> )	11,6 ± 4,1	28,1 ± 8,4
N-amoniaco (µg.L <sup>-1</sup> )	4,20 ± 1,9	10,3 ± 4,7
N-nitrito (µg.L <sup>-1</sup> )	6,7 ± 1,8	9,1 ± 2,3
N-nitrato (µg.L <sup>-1</sup> )	44,0 ± 29,7	48,7 ± 22,8

**FONTE: SILVA (2001)**

Os resultados mostram uma tendência de aumento dos valores de fósforo, nitrogênio e turbidez e uma redução das concentrações de oxigênio dissolvido no efluente de tilápia do Nilo com o transcorrer do cultivo. Essas alterações, provavelmente, estiveram associadas ao aumento da quantidade de ração fornecida, à decomposição da matéria orgânica acumulada e à excreção dos peixes (SILVA, 2001).

### 3.2 QUALIDADE DA ÁGUA

A contaminação das águas naturais representa um dos principais riscos à saúde pública, sendo conhecida devido a estreita relação entre a qualidade de água e inúmeras enfermidades que prejudicam as populações, especialmente aquelas não assistidas por serviços de saneamento (LIBÂNIO et al., 2005).

Mesmo que seja teoricamente possível tratar o efluente para qualquer padrão requerido, existem fatores limitantes como os custos de capital, orçamento operacional e espaço físico. As etapas primárias de tratamento podem ser definidas como responsáveis pela remoção da maior parcela da matéria poluidora e preparação do efluente para a etapa seguinte. Trata-se geralmente de processos que geram economia de capital, operação e área, além de auxiliar para um processo biológico posterior mais eficiente (SCHOENHALS, 2006).

Historicamente, o desenvolvimento industrial e urbano se deu às proximidades de rios e regiões costeiras devido a acessibilidade de água para consumo e a utilização dos mesmos para o lançamento de dejetos. O problema tornou-se preocupante com o crescimento significativo dos grandes centros, pois os efluentes lançados nos corpos d'água não recebiam o devido tratamento causando impactos ambientais além da proliferação de doenças para a população.

De modo geral, a água residuária de piscicultura praticamente não é tratada com nenhum tipo de coagulante, seja ele natural ou químico, para melhorar suas características físico-químicas. Há casos em que se faz uma leve aeração, tratamento com macrófitas ou remanejamento do efluente gerado como forma de adubação para o solo ou em culturas hidropônicas. A água simplesmente é represada, utilizada para a engorda dos peixes e em seguida, é lançada aos corpos hídricos.

### 3.2.1 PROCESSOS DE TRATAMENTO DA ÁGUA

#### 3.2.1.1 Coagulação

A coagulação refere-se à desestabilização da dispersão coloidal, obtida por redução de forças de repulsão entre partículas com cargas negativas, por meio da adição de produto químico apropriado, geralmente como sais de ferro ou de alumínio ou de polímeros sintéticos, seguidos por agitação rápida, com o intuito de homogeneizar a mistura (PAVANELLI, 2001).

A coagulação consiste essencialmente na desestabilização das partículas coloidais e suspensas realizada por ações físicas e reações químicas, com duração de poucos segundos, entre o coagulante – usualmente um sal de ferro e de alumínio – , a água e as impurezas presentes (LIBÂNIO, 2010).

Os principais mecanismos que agem no processo de coagulação são:

- Compressão da camada difusa: esse mecanismo de coagulação proporciona a desestabilização das partículas coloidais por meio da adição de íons de carga contrária. Este fenômeno é explicado pela alta concentração de cargas positivas que causam excesso de íons na camada difusa, de modo que reduza o volume de sua esfera para manter-se eletricamente neutra diminuindo o potencial elétrico e predominando a força de van der Waals (PAVANELLI, 2001).
- Adsorção e neutralização de carga: a desestabilização de uma dispersão coloidal baseia-se nas interações entre coagulante-colóide, coagulante-solvente e colóide-solvente. As interações coagulante-solvente são responsáveis pela adsorção do coagulante na interface colóide-água. No caso de espécies hidrolisadas de alumínio e ferro ou de polímeros sintéticos catiônicos, é normal ocorrer a adsorção específica, causada pela interação entre coagulante e colóide (SCHOENHALS, 2006).

- Varredura: A formação de precipitados do tipo  $\text{Al}(\text{OH})_3$  ou  $\text{Fe}(\text{OH})_3$  poderá acontecer dependendo da quantidade adicionada destes sais, do pH da mistura e da concentração de alguns tipos de íons na água. O mecanismo de varredura é muito utilizado nas estações de tratamento onde se tem a floculação e a sedimentação antecedendo a filtração, dado que os flocos resultantes são de maior tamanho e possuem velocidades de sedimentação relativamente maiores do que os dos flocos obtidos com a coagulação realizada no mecanismo de adsorção-neutralização (SCHOENHALS, 2006).
- Adsorção e Formação de Pontes: este mecanismo é desenvolvido por meio da utilização de compostos orgânicos empregados como coadjuvantes de coagulação. Existe uma variedade considerável de compostos orgânicos sintéticos e naturais caracterizados por extensas cadeias moleculares, que apresentam sítios ionizáveis ao longo da cadeia e atuam como coagulantes (SCHOENHALS, 2006).

### 3.2.1.2 Floculação

Segundo Schoenhals (2006), a floculação baseia-se na agregação das partículas já desestabilizadas, resultante do choque entre as mesmas, formando partículas maiores e mais densas (microflocos), capazes de separação. Ocorre sob condições de agitação lenta. Os gradientes que produzem tensão cisalhante nos flocos existentes são limitados para que não ultrapassem a capacidade de resistência ao cisalhamento dessas partículas.

A floculação promove a aglomeração e compactação das partículas desestabilizadas na coagulação, formando os flocos, capazes de sedimentar. Esse processo é favorecido pela agitação suave, que auxilia o contato entre os flocos (BARBOSA, 2011).

Libânio (2010), afirma que, a floculação é uma das operações unitárias que se constitui um conjunto de fenômenos físicos, nos quais se deseja reduzir o número de partículas coloidais suspensas presentes na massa líquida.

O movimento aleatório das partículas coloidais permite que ocorram os primeiros choques com as partículas desestabilizadas, decorrentes do movimento Browniano e da ação da gravidade. As partículas coloidais desestabilizadas chocam-se e aglomeram-se formando flocos de dimensões inferiores a 1µm caracterizando a floculação pericinética (LIBÂNIO, 2010).

Já a floculação ortocinética decorre da introdução de energia externa que fomenta a junção das partículas desestabilizadas e dos microflocos, formados pelo movimento Browniano, para formação de flocos maior peso, passíveis de serem removidos por sedimentação (LIBÂNIO, 2010).

Durante a floculação, as interações ocorrem entre as impurezas desestabilizadoras e os precipitados de metal ou espécies hidrolisadas positivas, formando partículas ou flocos que são removidos seguidamente por sedimentação, flotação ou filtração. Estas interações ocorrem conforme três mecanismos distintos: interação pericinética (movimento Browniano), em que a energia térmica causa o movimento das partículas; interação ortocinética, quando os encontro das partículas são provenientes do gradiente de velocidade, tanto no escoamento laminar quanto no turbulento; sedimentação diferenciada, na qual partículas com diferentes velocidades de sedimentação podem se encontrar (VOLTAN, 2007).

### 3.2.1.3 Sedimentação

O processo de sedimentação para a remoção de partículas sólidas em suspensão é um dos mais utilizados no tratamento de água. Baseia-se na utilização de forças gravitacionais para separação de partículas de densidade superior à da água, depositando-as em uma superfície ou zona de armazenamento. As partículas que não são removidas na sedimentação seja pelo seu pequeno tamanho, ou por serem de densidade muito próxima à da água, deverão ser removidas na filtração (CARVALHO, 2008).

A sedimentação é uma operação física de separação de partículas sólidas com densidade superior à do líquido em seu em torno. Em um tanque em que a velocidade de fluxo da água é bem baixa, as partículas tendem a ir para o fundo sob a ação da gravidade. O líquido sobrenadante torna-se consequentemente clarificado, enquanto as partículas do fundo formam uma

camada de lodo, e são removidas conjuntamente com ele (VON SPERLING, 1996).

A decantação, junto com a flotação, consiste na operação unitária que em geral mostra a eficiência das etapas realizadas anteriormente, ou seja, coagulação e floculação. Na decantação, aos flocos formados previamente são fornecidas condições que os permitam depositar pela ação da gravidade (LIBÂNIO, 2010).

### 3.2.2 LEGISLAÇÃO AMBIENTAL

Dentre as leis que regem os recursos hídricos, podemos citar algumas em especial. A Portaria Nº 2.914 de 12 de Dezembro de 2011, dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. A legislação também define a quantidade mínima, a frequência em que as amostras de água devem ser coletadas e os limites permitidos.

Para parâmetros de balneabilidade, a Resolução nº 274 de 25 de janeiro de 2000 do Conselho Nacional do Meio Ambiente define os critérios de balneabilidade em águas brasileiras, além de definir os tipos de água de acordo com sua salinidade, sendo elas doces, salobras e salinas.

A Resolução CONAMA nº 357 de 17 de março 2005, dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. De acordo com a Resolução, águas doces destinadas à aquicultura e à atividade de pesca são classificadas como Classe 2.

## CONAMA 430 / 2011

A Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011 do Conselho Nacional do Meio Ambiente, dispõe sobre as condições, parâmetros, padrões e diretrizes para a gestão do lançamento de efluentes em corpos receptores, alterando e complementando a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005.

O lançamento indireto de efluentes no corpo receptor deverá observar o disposto nesta Resolução quando verificada a inexistência da legislação ou normas específicas, disposições do órgão ambiental competente, bem como diretrizes da operadora dos sistemas de coleta e tratamento de esgoto sanitário (CONAMA, 2011).

As Tabelas 2 e 3 representam resumidamente os padrões de lançamentos de efluentes em corpos hídricos.

**Tabela 2: Padrões de lançamento de efluentes (inorgânicos)**

<b>Parâmetros Inorgânicos</b>	<b>Valores máximos</b>
Arsênio total	0,5 mg/L As
Bário total	5,0 mg/L Ba
Boro total (Não se aplica para o lançamento em águas salinas)	5,0 mg/L B
Cádmio total	0,2 mg/L Cd
Chumbo total	0,5 mg/L Pb
Cianeto total	1,0 mg/L CN
Cianeto livre (destilável por ácidos fracos)	0,2 mg/L CN
Cobre dissolvido	1,0 mg/L Cu
Cromo hexavalente	0,1 mg/L Cr <sup>+6</sup>
Cromo trivalente	1,0 mg/L Cr <sup>+3</sup>
Estanho total	4,0 mg/L Sn
Ferro dissolvido	15,0 mg/L Fe
Fluoreto total	10,0 mg/L F
Manganês dissolvido	1,0 mg/L Mn
Mercúrio total	0,01 mg/L Hg
Níquel total	2,0 mg/L Ni
Nitrogênio amoniacal total	20,0 mg/L N
Prata total	0,1 mg/L Ag
Selênio total	0,30 mg/L Se
Sulfeto	1,0 mg/L S
Zinco total	5,0 mg/L Zn

Fonte: CONAMA (2011)



**Tabela 3: Padrões de lançamento de efluentes (orgânicos)**

<b>Parâmetros Orgânicos</b>	<b>Valores máximos</b>
Benzeno	1,2 mg/L
Clorofórmio	1,0 mg/L
Dicloroetano (somatório de 1,1 + 1,2cis + 1,2 trans)	1,0 mg/L
Estireno	0,07 mg/L
Etilbenzeno	0,84 mg/L
Fenóis totais (substâncias que reagem com 4-aminoantipirina)	0,5 mg/L C <sub>6</sub> H <sub>5</sub> OH
Tetracloroeto de carbono	1,0 mg/L
Tricloroetano	1,0 mg/L
Tolueno	1,2 mg/L
Xileno	1,6 mg/L

**Fonte: CONAMA (2011)**

Cyrino et. al (2008) relata que, o fluxo contínuo com reúso da água são sistemas muito eficazes, porém demandam mão-de-obra especializada e estão submetidos a um risco muito grande, uma vez que uma falha operacional pode comprometer o sistema. Contudo, em regiões industrializadas, onde a disponibilidade de água e o alto custo da terra começam a restringir a expansão da piscicultura, a adoção de sistemas de reúso da água começa ser uma necessidade. Um aspecto que incentiva a adoção dos sistemas de reúso da água é o seu baixo impacto ambiental.

A amônia é o principal resíduo nitrogenado excretado pelos peixes. Sua excreção ocorre via brânquias através de difusão direta para água. A amônia é tóxica aos peixes e medidas para impedir o acúmulo excessivo de amônia na água devem ser colocadas em prática durante o cultivo (CYRINO et. al, 2008) .

### 3.3 USO DE COAGULANTES

Os coagulantes mais aplicados para o tratamento de efluentes são os inorgânicos, como por exemplo, o sulfato de alumínio, o cloreto férrico e o sulfato férrico. São também utilizados os coagulantes orgânicos com densidade de carga positiva denominados polímeros catiônicos, que podem ser sintéticos ou naturais (quitosana, por exemplo) (SCHOENHALS, 2006).

Segundo Libânio<sup>1</sup> (2008) apud Silva (2011), a escolha do coagulante é influenciada pela característica da água ou efluente a ser tratado, mas o êxito do processo de coagulação está relacionado ao tipo de coagulante utilizado. Um coagulante deve conter como fundamental característica, ao ser utilizado no tratamento de água ou efluente, a eficiência de produzir precipitados e espécies hidrolisadas em dissociação no meio aquoso, capazes de desestabilizar ou envolver as partículas suspensas e coloidais presentes nas águas ou efluentes.

Ao se inserir na água sais de alumínio ou de ferro, ocorre a dissociação dos íons  $Al^{3+}$  e  $Fe^{3+}$ , que reduzem a repulsão eletrostática entre as partículas coloidais e proporcionam a coagulação. Quando os sais, ao reagirem com os íons hidroxilas presentes na água, formam hidróxidos  $Al(OH)_3$  ou  $Fe(OH)_3$ , insolúveis e precipitados (BARBOSA, 2011).

#### 3.3.1 Coagulantes Químicos

##### 3.3.1.1 Sulfato de Alumínio

O sulfato de alumínio é geralmente aplicado como coagulante no processo de produção de água potável, devido ao seu baixo custo e boa eficiência na coagulação das partículas coloidais. No entanto, este reagente químico não é biodegradável e pode trazer sérios riscos à saúde humana, dependendo da concentração em que estiver na água (CARVALHO, 2008).

---

<sup>1</sup> LIBÂNIO, M. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 2. Ed. Campinas, SP: Áyomo. 444pg. 2008.

O Sulfato de Alumínio Líquido é fabricado com base no hidrato de alumínio, mantendo-se um teor de água suficiente para não permitir sua cristalização. Quanto à composição química, é comercializado com 7 a 85 de alumina ( $Al_2O_3$ ), com teores acima de 8,26% pode cristalizar. Na prática este produto atinge 48,4% de concentração quando em forma sólida, graças a água presente nas moléculas do produto. Quando o produto é de boa qualidade, não contém resíduos insolúveis e é incolor (PAVANELLI, 2001).

### 3.3.1.2 Cloreto Férrico

A reação a quente do ácido clorídrico, concentrado com o minério de ferro, seguido de resfriamento e filtração, proporciona a produção de cloreto férrico com elevado índice de pureza. A concentração final do produto resulta da combinação entre variáveis do processo produtivo e a temperatura ambiente mínima das regiões da aplicação (PAVANELLI, 2001).

Barbosa (2011), verificou em seu trabalho sobre efluente de indústria sucroalcooleira que a adição de coagulantes gerou melhora nas condições de sedimentação, promovendo sobrenadantes clarificados com menores valores de turbidez. Nos ensaios de coagulação somente com adição de coagulantes, o cloreto férrico foi o que apresentou melhores resultados, com valores de turbidez do sobrenadante em torno de 36 NTU.

### 3.3.2 Coagulantes Orgânicos

#### 3.3.2.1 Polímeros Catiônicos

A importância dos polímeros no tratamento de água está relacionada à sua capacidade de clarificação, ou seja, a retirada de grande parte da matéria orgânica sólida através da floculação e decantação, propiciando a continuidade do tratamento até o destino final (NOVAIS, 2012).

Schoenhals (2006), define três tipos de polímeros que podem ser usados: catiônico, aniônico e naniônico. O catiônico é aquele que quando dissolvido em água se ioniza, obtendo carga positiva e atua como um cátion. O

aniônico, de maneira similar, adquire carga negativa e atua como anión. O naniônico é aquele que não se ioniza em água.

Barbosa (2011), confirmou em seu trabalho sobre efluente de indústria sucroalcooleira que o utilização dos polímeros como auxiliares de coagulação favoreceu na redução da turbidez. Porém, os melhores resultados foram encontrados para o uso dos polímeros apenas como coagulantes, e não como auxiliares. O polímero catiônico apresentou melhores resultados, já que ofereceu uma melhor eficiência na clarificação do sobrenadante, com turbidez final de 0,2 NTU para concentração de 0,75 m/L.

Quartaroli et. al (2014), verificou em seu estudo sobre efluente de indústria de papel e celulose que, a utilização de polímero catiônico nos ensaios de flotateste demonstrou altas eficiências de remoção dos parâmetros físico-químicos analisados: 90% de turbidez, 85% de cor aparente, 89% de cor verdadeira e 69% de DQO.

### 3.3.2.2 *Moringa oleifera*

Uma alternativa para o tratamento de águas e de efluentes é o coagulante natural que vem sendo utilizado e estudado em diversos trabalhos. Este coagulante é proveniente da semente da *Moringa oleifera* e é extraído quando a semente é triturada.

A *Moringa oleifera* pertence à família *Moringaceae*, que é composta de somente um gênero (*Moringa*) e 14 espécies. É uma planta nativa da Índia e que já se difundiu por todo o mundo, especialmente nos países tropicais como o Brasil (FRANCO, 2010).

Segundo Vaz (2009), é relevante destacar que o uso do extrato da semente de *Moringa oleifera* como coagulante natural apresenta vantagens importantes em relação ao uso de coagulantes convencionais, uma vez que pode ser utilizado em uma ampla faixa de pH, entre 4,0 e 12,0 no qual é biodegradável,

além do baixo custo e menor geração de volumes de lodo. A Figura 1 representa as vagens e sementes de *Moringa oleifera*.



**Figura 1 – Vagens e sementes de *Moringa oleifera*.**  
**Fonte: Costa (2011).**

Segundo Ndabigengesere<sup>2</sup> et al.(1995) apud Gallão et al. (2006), a proteína é o composto encontrado em maior quantidade, cerca de 40%. A proteína das sementes de *Moringa oleifera* é o elemento de maior relevância no processo de clarificação da água. Trata-se da presença de uma proteína catiônica dimérica de alto peso molecular, que desestabiliza as partículas contidas na água e por meio de um processo de neutralização e adsorção, floculam os colóides seguindo-se de sedimentação.

De acordo com Amagloh & Benang<sup>3</sup> (2009) apud Paterniani et al. (2009), as sementes de *Moringa oleifera* contém proteínas com baixo peso molecular e quando seu pó é dissolvido em água adquirem carga positivas que atraem partículas negativamente carregadas tais como, argilas e siltes, formando flocos densos que sedimentam.

O processo floculação ocorre quando as proteínas se unem as cargas negativas, formando flocos através de agregação de partículas que estão contidas na água. Estes flocos são fáceis de se remover através de decantação

---

<sup>2</sup> Ndabigengesere A. et al. Active agents and mechanism of coagulation of turbid waters using *Moringa oleifera*. **Water Research**, v.29, n.2, p.703-710, 1995.

<sup>3</sup> Amagloh, F. K.; Benang, A. **Effectiveness of *Moringa oleifera* seed as coagulant for water purification**. African Journal of Agricultura Research, v.4, n.1, p.119-123, 2009.

e filtração. O material pode esclarecer não só água barrenta, mas também água de meio e baixa turbidez (SCHWARZ, 2000).

O uso de coagulante natural extraído da sementes de *Moringa oleifera* mostrou-se uma fonte sustentável importante para uma futura substituição do coagulante químico sulfato de alumínio para tratamento de água de piscina. Os resultados dos ensaios mostraram vantagem do uso da *Moringa oleifera* com relação ao sulfato de alumínio por dispensar o ajuste do pH sendo uma proposta promissora para se diminuir os custos envolvidos (PEREIRA et al.,2014).

De acordo com Nishi et al. (2011), o uso das sementes de *Moringa oleifera* pode ser considerado vantajoso e uma etapa promissora no objetivo de melhorar o processo de coagulação/floculação da água, tendo em vista, entre outras ações, a remoção de cistos de *Giardia* e *Cryptosporidium*.

Franco et al. (2010) verificou em seu trabalho, que a presença de solução coagulante a partir de *Moringa oleifera* como auxiliar de coagulação com PAC e  $FeCl_3$  se demonstrou eficiente, visto que reduziu a concentração dos coagulantes químicos utilizados no tratamento em relação ao tratamento onde estes são utilizados isoladamente.

O extrato aquoso de sementes de *Moringa oleifera* representa uma opção eficiente e ambientalmente segura como coagulante de suspensões naturais ricas em óxidos de ferro. Seu efeito clarificante sobre águas turvas é também rápida: por volta de 400 mg/L de polímeros, ou seja, 1,6 gramas de sementes de *Moringa oleifera* em um litro da água são capazes de reduzir a turbidez da suspensão de valores superiores a 20.000 NTU para 60 NTU em 30 minutos. A redução da turbidez observada é superior a 98% (GUEDES et al., 2010).

## 4 METODOLOGIA

### 4.1 LOCAL DE COLETA

O efluente de piscicultura utilizado para a realização do experimento foi coletado em um tanque de criação de tilápias (*Oreochromis niloticus*) na cidade de Sertanópolis – PR. Os peixes eram alimentados com ração peletizada e estavam no final do processo de engorda, prontos para serem enviados ao frigorífico.

### 4.2 LOCAL DO EXPERIMENTO

A amostra de água residuária de piscicultura foi coletada em galões de 20 litros, e encaminhado para o Laboratório de Saneamento da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – *Campus* Londrina (Figura 2), localizado geograficamente sob as coordenadas de latitude 23°18'2854”S e longitude 51°06'5066”O, para a realização dos ensaios de qualidade da água.



Figura 2 – Laboratório de Saneamento UTFPR Londrina.  
Fonte: Autoria própria (2015).

### 4.3 PRÉ ENSAIO

Para se determinar a melhor concentração de coagulante a ser aplicada, um pré-ensaio de coagulação/floculação/sedimentação foi realizado. Para que a *Moringa oleifera* fosse utilizada foi necessário fazer a extração dos seus componentes ativos na concentração de 1 molar de NaCl.

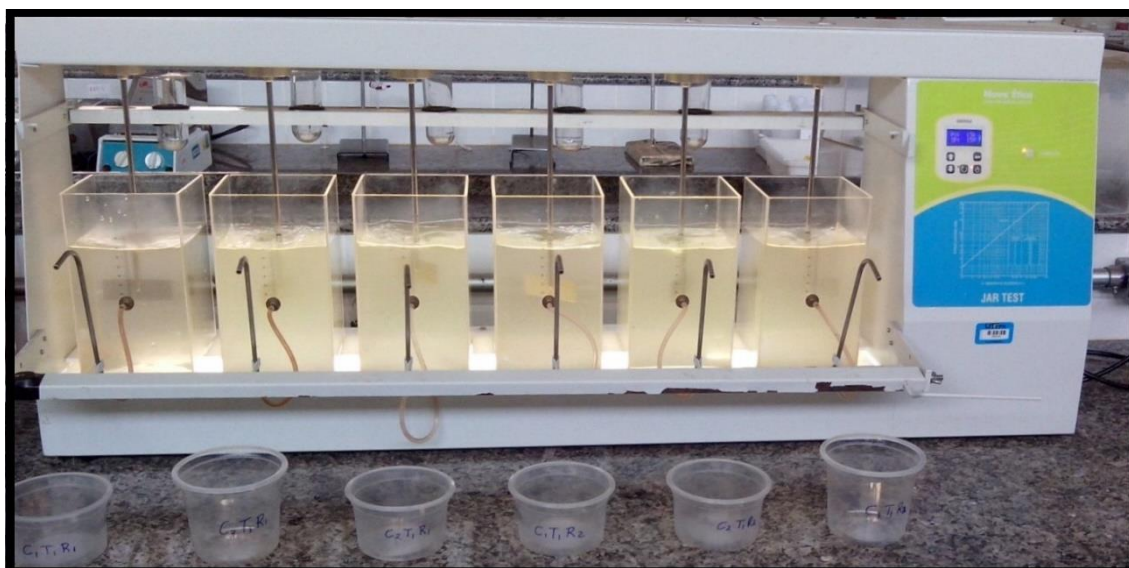
As sementes da *Moringa oleifera* na proporção de 10 gramas para 1L de água destilada foram descascadas, levadas ao liquidificador e misturados à 1 molar de NaCl. Depois desta etapa a solução foi coada em um coador de pano, só a partir de então a solução coagulante estava pronta para ser utilizada.

Os pré testes foram realizados utilizando becker com o objetivo de testar concentrações distintas, onde as que obtiveram o melhor resultado para a formação de flocos na água residuária de piscicultura foram utilizadas posteriormente. Após o pré-ensaio, verificou-se que as melhores concentrações foram de:  $C_1 = 400 \text{ mg.L}^{-1}$ ,  $C_2 = 800 \text{ mg.L}^{-1}$  e  $C_3 = 1200 \text{ mg.L}^{-1}$  do coagulante natural extraído da semente de *Moringa oleifera*.

#### 4.3.1 Ensaio coagulação/floculação/sedimentação

Os ensaios experimentais foram realizados no equipamento de reatores estáticos chamado Jar-Test (Figura 3), da marca Nova Ética, modelo 218 – LDB/06, no qual possui 6 jarros de acrílico de 2 litros cada e pás rotativas onde sua velocidade é controlada. Este equipamento é normalmente utilizado em estações de tratamento de água, no qual os coagulantes são adicionados em cada jarro simultaneamente e escolhido o tempo de mistura e rotação.





**Figura 3 – Equipamento Jar-Test.**  
**Fonte: A autoria própria (2015).**

Depois que o efluente de piscicultura foi acondicionado aos jarros e o coagulante lançado, deu-se início o procedimento de mistura. Fatores como tempo de mistura e rotação das pás foram fundamentais, visto que interferem diretamente no resultado final. Para este experimento, estabeleceu-se os tempos para coagulação/floculação/sedimentação adaptados de Theodoro (2012) conforme a Tabela 4. O tempo de coleta de sedimentação foi de 10 em 10 minutos, até atingir 40 minutos ao fim do processo.

**Tabela 4: Processos coagulação/floculação/sedimentação.**

Processo	Tempo (minutos)	RPM
Coagulação	3	150
Floculação	10	15
Sedimentação	40	0

**Fonte: adaptado de Theodoro (2012)**

#### 4.4 PARÂMETROS ANALISADOS

Para cada amostra recolhida de água do Jar-Test foram determinados os parâmetros de turbidez, cor aparente, pH, condutividade elétrica e série de

sólidos de acordo com o Standard Methods of Examination of Water and Wastewater (APHA, 2012) (Tabela 5).

**Tabela 5: Parâmetros analisados da água residuária de piscicultura, equipamentos e metodologia.**

Parâmetro	Equipamento/Modelo	Metodologia
Cor Aparente	Espectrofotômetro HACH 4000	2120 C
pH	pHmetro mPA-210	4500 B
Condutividade Elétrica	Condutivímetro Mca 150	2510 B
Série de Sólidos	Estufa SL 100, Mufla MA 385, Balança AW 220	2540 B
Turbidez	Turbidímetro HACH 4000	2030 B

Fonte: Standard Methods, APHA (2012)

#### 4.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Através dos resultados adquiridos pelas práticas experimentais, as análises estatísticas foram realizadas com o programa BioEstat 5.0 por meio da análise de variância (ANOVA), comparando os resultados encontrados para cada amostra no decorrer do tempo avaliando a eficiência do coagulante extraído da semente de *Moringa oleifera*. Quando a diferença foi significativa, necessitou-se a aplicação do teste de Tukey a nível de 5% de significância. A Tabela 6 apresenta o modelo de organização dos resultados para a análise de variância.

**Tabela 6: organização dos resultados para a análise de variância**

Fonte de Variação	SQ	GL	MQ	F	Valor-P	F crítico
Entre os grupos						
Dentro dos grupos						
Total						

Onde: SQ = Soma dos Quadrados; GL = Grau de Liberdade; MQ = Média dos Quadrados; F = F Calculado.

Como apresentado na Tabela 6, quando o valor de P foi maior que 0,05, não houve significância entre os tratamentos, ou seja, a pequena variação do parâmetro não representa diferença significativa entre os tratamentos. A análise de variância foi realizada para todos os parâmetros anteriormente citados.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores brutos dos parâmetros analisados neste trabalho estão demonstrados na Tabela 7 através da caracterização da amostra.

**Tabela 7: Valores brutos das amostras coletadas da água residuária de piscicultura.**

<b>Parâmetros</b>	<b>Valor</b>
Turbidez (NTU)	22
Cor Aparente (mgPt-Co/L)	46
pH	6,14
Condutividade Elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	107,6
Sólidos Totais (mg/L)	660
Sólidos Fixos (mg/L)	150
Sólidos Voláteis (mg/L)	510

Por meio da metodologia descrita no item 4.4, foram realizados ensaios e os resultados obtidos foram organizados da seguinte forma: (5.1) Turbidez; (5.2) Cor Aparente; (5.3) pH; (5.4) Condutividade Elétrica; (5.5) Sólidos Totais; (5.6) Sólidos Fixos e (5.7) Sólidos Voláteis.

## 5.1 TURBIDEZ

A Tabela 8 apresenta a eficiência de remoção de turbidez para valores finais do tempo de sedimentação para cada concentração em relação amostra bruta de água residuária de piscicultura.

**Tabela 8: Eficiência de remoção Turbidez em relação a amostra bruta.**

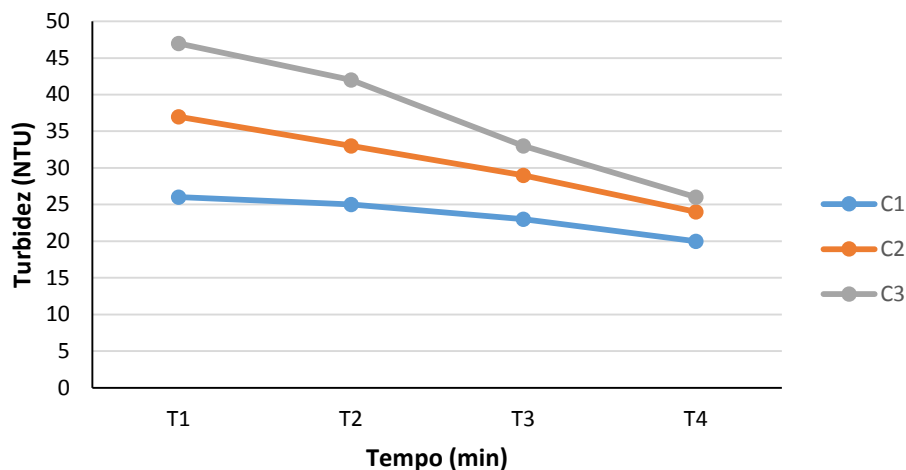
Concentração	Turbidez ao final da sedimentação (NTU)	Amostra bruta (NTU)	Eficiência (%)
C1	20		9,09
C2	24	22	-9,09
C3	26		-18,18

Como apenas C1 ( $400\text{mg.L}^{-1}$ ) obteve uma eficiência positiva, posteriormente as eficiências do parâmetro turbidez foram calculadas em relação aos tempos iniciais e finais para cada concentração durante o processo de sedimentação. A eficiência negativa pode ser explicada pelo fato de que a *Moringa oleifera* liberou matéria orgânica na água.

A Tabela 9 e Figura 4 apresentam os valores médios de turbidez, referentes aos três tratamentos utilizados ao longo do tempo durante o processo de sedimentação. Os resultados de todas as amostras coletadas encontram-se no Anexo 1 deste trabalho.

**Tabela 9: Valores médios para Turbidez durante a sedimentação.**

Tempo de Sedimentação (minutos)	TURBIDEZ (NTU)		
	C1	C2	C3
T1 (3 minutos)	26	37	47
T2 (13 minutos)	25	33	42
T3 (23 minutos)	23	29	33
T4 (33 minutos)	20	24	26



**Figura 4 – Comportamento dos valores médios de turbidez ao longo do tempo de sedimentação.**

Observa-se que a maior variação de turbidez ocorreu para a concentração C<sub>3</sub>, no qual a redução foi 47 para 26 NTU, Já a menor variação de turbidez ocorreu com C<sub>1</sub>, variando de 26 para 20 NTU, seguida de C<sub>2</sub> oscilando entre 37 e 24 NTU ao final do tempo de sedimentação. Para as três concentrações, todas se enquadram dentro do máximo permitido pela CONAMA 357/2005, que é de 100 NTU.

Resende et al. (2014) em um estudo sobre redução de nitrato de água subterrânea com sementes de *Moringa oleifera*, constatou que os melhores resultados para a remoção de turbidez, foram através das maiores concentrações do coagulante, sendo elas de 500 a 1000 mg.L<sup>-1</sup> comprovando com tais resultados apresentados.

Observa-se que ao final do tempo T<sub>4</sub>, tanto C<sub>2</sub> quanto C<sub>3</sub> tiveram um resultado muito próximo. Isso mostra que é preferível escolher C<sub>2</sub>, pois seria gasto menos quantidade de coagulante para o tratamento.

Vale lembrar que, o coagulante extraído da *Moringa oleifera* libera bastante matéria orgânica, por esse motivo após a sedimentação o valor obtido de turbidez da água ainda é maior do que o valor bruto.

Em geral, o coagulante à base de *Moringa oleifera* é indicado para o tratamento de águas com alta turbidez, tendo sua eficiência reduzida para águas com baixa turbidez (Katayon et al., 2006).

Através da Figura 5 observa-se que a concentração C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>) obteve a maior eficiência de remoção de turbidez ao final do processo de sedimentação, sendo esta de 44,68%, seguida de C<sub>2</sub> (800 mg.L<sup>-1</sup>) com 35,14% e C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>) com 23,68%.

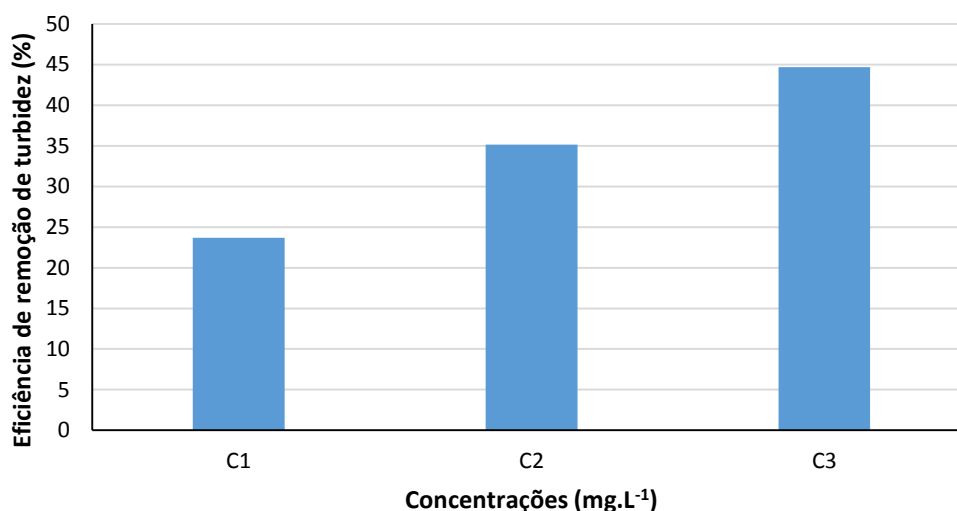


Figura 5 – Eficiência de remoção de Turbidez.

Camacho et al. (2014) em seu trabalho sobre o uso de *Moringa oleifera* no tratamento de de água com florações de cianobactérias, obteve valores de eficiência de remoção de turbidez variando entre 0 e 99,11%, onde as maiores remoções ocorreram em amostras com alta turbidez inicial.

As Tabelas 10 a 13 apresentam a análise de variância para a turbidez nos tempos T1, T2, T3 e T4 respectivamente.

Tabela 10: Análise de variância para a turbidez no tempo T1 (3 minutos)

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	667,8422222	2	333,9211	317,6839	8,19E-07	5,143253
Dentro dos grupos	6,306666667	6	1,051111			
Total	674,1488889	8				

Tabela 11: Análise de variância para a turbidez no tempo T2 (13 minutos)

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	390,9956	2	195,4978	39,27411	0,000357	5,143253
Dentro dos grupos	29,86667	6	4,977778			
Total	420,8622	8				

**Tabela 12: Análise de variância para a turbidez no tempo T3 (23 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	174,5355556	2	87,45083	65,45083	8,42E-07	5,143253
Dentro dos grupos	8	6	1,333333			
Total	182,5355556	8				

**Tabela 13: Análise de variância para a turbidez no tempo T4 (33 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	45,235556	2	22,61778	8,097056	0,019758	5,143253
Dentro dos grupos	16,76	6	2,793333			
Total	61,99556	8				

De acordo com as análises estatísticas apresentadas para todos os casos o valor de P obtido é menor que 0,05. Isso mostra que houve uma diferença significativa entre as concentrações no decorrer do ensaio para o parâmetro Turbidez em relação a variação do tempo de coleta.

Na Tabela 14 estão apresentadas as comparações de médias para a turbidez pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

**Tabela 14: Comparação de médias para turbidez pelo teste de Tukey com 5% de significância.**

Média entre Concentrações	Tempo T1		Tempo T2		Tempo T3		Tempo T4	
	Diferença	P	Diferença	P	Diferença	P	Diferença	P
1 a 2	11,57	< 0,01	7,53	< 0,05	6,53	< 0,01	3,8	NS
1 a 3	21,07	< 0,01	16,13	< 0,01	10,7	< 0,01	5,53	< 0,05
2 a 3	9,5	< 0,01	8,6	< 0,01	4,17	< 0,05	1,53	NS



Por meio da Tabela 14, apenas para as médias entre as concentrações 1 a 2 e 2 a 3, ambas no tempo T4, não ocorreram diferenças significativas. Para os outros tempos, em todas as comparações foi verificada diferenças entre as concentrações. Entre C<sub>1</sub> e C<sub>3</sub> no tempo T1, apresentou uma média diferente e superior estatisticamente as demais, sendo esta de 21,07. Já para o tempo T4, temos que o valor P é menor que 0,05 quando C<sub>1</sub> e C<sub>3</sub> são comparados, mostrando que C<sub>3</sub> é a melhor concentração para a remoção de Turbidez.

## 5.2 COR APARENTE

A Tabela 15 apresenta a eficiência de remoção de cor aparente para os valores finais do tempo de sedimentação para cada concentração em relação amostra bruta de água residuária de piscicultura.

**Tabela 15: Eficiência de remoção Cor aparente em relação a amostra bruta.**

Concentração	Cor aparente ao final da sedimentação (mgPt-Co/L)	Amostra bruta (mgPt-Co/L)	Eficiência (%)
C1	72		-56,52
C2	87	46	-89,13
C3	99		-115,21

Através da Tabela 15, observa-se que para todas as concentrações o coagulante natural acabou por sujar a água, onde pode ser comprovado pelas eficiências negativas. Diante disso, foram calculados eficiências de remoção de cor aparente em relação aos valores iniciais e finais durante o processo de sedimentação.

A Tabela 16 e Figura 6 apresentam os valores médios de cor aparente, referentes aos três tratamentos utilizadas ao longo. Os resultados de todas as amostras coletadas encontram-se no Anexo 1 deste trabalho.

Tabela 16: Valores médios para cor aparente durante a sedimentação.

Tempo de Sedimentação (minutos)	COR APARENTE (mgPt-Co/L)		
	C1	C2	C3
T1 (3 minutos)	92	131	183
T2 (13 minutos)	85	133	147
T3 (23 minutos)	81	106	122
T4 (33 minutos)	72	87	99

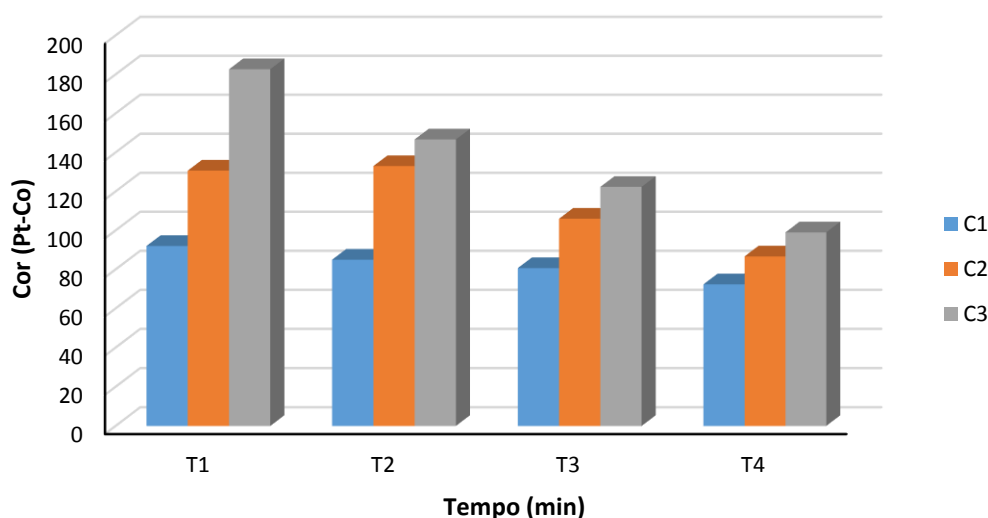


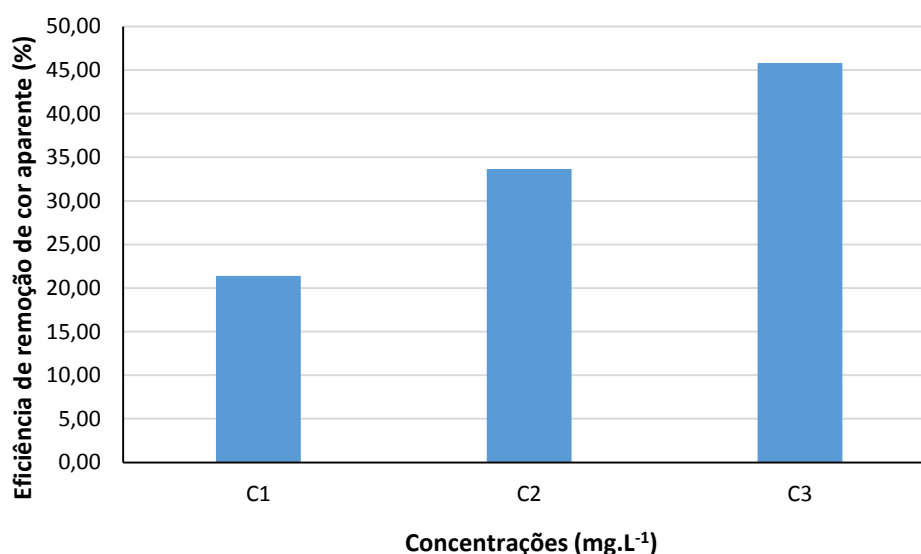
Figura 6 – Comportamento dos valores médios de cor ao longo do tempo de sedimentação.

Para as três concentrações foram verificadas remoção da cor aparente no decorrer do processo de sedimentação, porém novamente a concentração C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>) foi a que apresentou a maior variação, de 183 para 99 mgPt-Co/L. Já as menores variações ocorreram com C<sub>2</sub> (800 mg.L<sup>-1</sup>) variando entre 131 e 87,99 mgPt-Co/L e C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>) entre 92 e 72,99 mgPt-Co/L .

Mesmo ao final da sedimentação, todos os valores obtidos ainda ficaram acima do valor bruto, que é de 46 mgPt-Co/L. Isso pode ser explicado pelo fato do coagulante extraído da semente de *Moringa oleifera* tornar a água suja devido a liberação de matéria orgânica. Se comparado legislação CONAMA 357/2005, apenas a concentração C<sub>1</sub> apresentou o valor de cor aparente dentro do limite estipulado pela legislação, que é de 75 mgPt-Co/L.

Bourscheidta et al (2014), verificou em seu trabalho que, a utilização de sementes de *Moringa oleifera* Lam apresentou bons resultados na remoção do parâmetro cor, variando entre 15,94% e 33,97%. Quando o coagulante é constituído com KCl e 5% de *Moringa oleifera*, a remoção de cor é ainda maior, obtendo valores de até 70,66%. Com isso, este coagulante pode ser aplicada como tratamento primário de águas residuárias do processamento de pescado.

Através da Figura 7 observa-se que a concentração C<sub>3</sub> obteve a maior eficiência de remoção de cor aparente ao final do processo de sedimentação, sendo esta de 45,80%, seguida de C<sub>2</sub> com 33,67% e C<sub>1</sub> com 21,38%.



**Figura 7 – Eficiência de remoção de Cor Aparente.**

Baptista et al. (2014) verificou em seu trabalho sobre tratamento de água com *Moringa oleifera*, que para uma concentração de 13,78 mg.L<sup>-1</sup> de cagulante atingiu uma remoção de cor de 89,9%, indicando que o coagulante é uma boa alternativa para o tratamento de água bruta.

As Tabelas 17 a 20 apresentam a análise de variância para a cor aparente para T1, T2, T3 e T4 respectivamente.

**Tabela 17: Análise de variância para a cor aparente no tempo T1 (3 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	12419,56	2	6209,778	307,0769	9,06E-07	5,143253
Dentro dos grupos	121,3333	6	20,22222			
Total	12540,89	8				

**Tabela 18: Análise de variância para a cor aparente no tempo T2 (13 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	6293,556	2	3146,778	11,94475	0,008089	5,143253
Dentro dos grupos	1580,667	6	263,4444			
Total	7874,222	8				

**Tabela 19: Análise de variância para a cor aparente no tempo T3 (23 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	2644,667	2	1322,333	29,24079	0,000806	5,143253
Dentro dos grupos	271,3333	6	45,22222			
Total	2916	8				

**Tabela 20: Análise de variância para a cor aparente no tempo T4 (33 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	1068,667	2	534,3333	55,9186	0,000132	5,143253
Dentro dos grupos	57,33333	6	9,555556			
Total	1126	8				

De acordo com as análises estatísticas apresentadas temos que para estes casos o valor de P obtido é menor que 0,05. Isso mostra que houve uma diferença significativa entre as concentrações no decorrer do tempo para o parâmetro Cor Aparente. Porém, o valor de P para o tempo T2 apresentou o valor de 0,008, mostrando que não houve diferença significativa para cor aparente neste tempo de sedimentação.

Na Tabela 21 estão apresentadas as comparações de médias para a cor aparente pelo Teste de Tukey a 5% de significância.

**Tabela 21: Comparação de médias para a cor aparente pelo teste de Tukey com 5% de significância.**

Média entre Concentrações	Tempo T1		Tempo T2		Tempo T3		Tempo T4	
	Diferença	P	Diferença	P	Diferença	P	Diferença	P
1 a 2	38,67	< 0,01	48	< 0,05	25,33	< 0,01	14,33	< 0,01
1 a 3	90,67	< 0,01	61,67	< 0,01	41,67	< 0,01	26,67	< 0,01
2 a 3	52	< 0,01	13,67	NS	16,33	NS	12,33	< 0,01

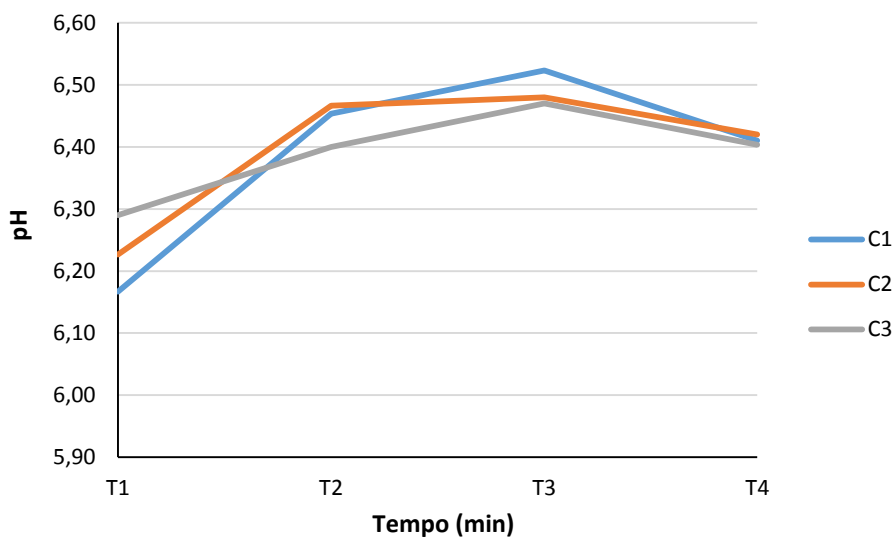
Através da Tabela 21, apenas para as médias entre as concentrações 2 a 3 nos tempo T2 e T3, não ocorreram diferenças significativas. Para os outros tempos, em todas as comparações foi verificado diferenças entre as concentrações. Entre C<sub>1</sub> e C<sub>3</sub> no tempo T1, apresentou uma média diferente e superior estatisticamente as demais, sendo esta de 52. Para o tempo T4, temos que o valor P é menor que 0,01 quando C<sub>1</sub> e C<sub>3</sub> são comparados com um diferença de 26,67, mostrando que C<sub>3</sub> é a melhor concentração para a remoção de Cor Aparente.

### 5.3 pH

A Tabela 22 e Figura 8 apresentam os valores médios de pH, referentes as três concentrações utilizadas ao longo do tempo. Os resultados de todas as amostras coletadas encontram-se no Anexo 1 deste trabalho.

**Tabela 22: Valores médios para pH durante a sedimentação.**

Tempo de Sedimentação (minutos)	pH		
	C1	C2	C3
<b>T1 (3 minutos)</b>	6,17	6,23	6,29
<b>T2 (13 minutos)</b>	6,45	6,47	6,40
<b>T3 (23 minutos)</b>	6,52	6,48	6,47
<b>T4 (33 minutos)</b>	6,41	6,42	6,40



**Figura 8 – Comportamento dos valores médios de pH ao longo do tempo de sedimentação.**

Por meio da Tabela 22 e Figura 8, verifica-se que houve uma leve variação do pH porém este se manteve praticamente constante comparado ao pH bruto (6,14). Para C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>) o pH variou de 6,17 a 6,41, já C<sub>2</sub> (800 mg.L<sup>-1</sup>) entre 6,23 e 6,42 e C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>) entre 6,29 e 6,40. Esse fato demonstra que o coagulante natural não alterou significativamente o pH da água residuária de piscicultura. Após o ensaio, temos que para todas as concentrações o pH está de acordo com a legislação CONAMA 357/2005, no qual a faixa determinada é entre 6,0 a 9,0.

Paterniani et al. (2009), observou em seu experimento sobre o uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais que, durante todos os ensaios os valores de pH não apresentaram alterações significativas permanecendo entre 6 e 7. Oliveira (2011), comprovou que o parâmetro pH não sofreu alteração significativa, indicando possivelmente que o extrato não contribui para alterações na relação H<sup>+</sup> /OH<sup>-</sup> em solução.

Pereira et al. (2014), em seu ensaio sobre tratamento de água de piscina com coagulante de *Moringa oleifera*, verificou que o pH apresentou uma média de 6,94, com uma variação de 2,12% , enquanto o sulfato de alumínio oscilou 7%. Esse resultado mostra uma vantagem do coagulante natural já que a *Moringa oleifera* não alterou significativamente o pH da água da piscina, fazendo

com que seu custo de tratamento seja menor se comparado ao sulfato de alumínio.

As Tabelas 23 a 26 apresentam a análise de variância para pH para T1, T2, T3 e T4 respectivamente.

**Tabela 23: Análise de variância para o pH no tempo T1 (3 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,022822	2	0,011411	2,04175	0,210678	5,143253
Dentro dos grupos	0,033533	6	0,005589			
Total	0,056356	8				

**Tabela 24: Análise de variância para o pH no tempo T2 (13 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,007467	2	0,003733	1,135135	0,381852	5,143253
Dentro dos grupos	0,019733	6	0,003289			
Total	0,0272	8				

**Tabela 25: Análise de variância para o pH no tempo T3 (23 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,004822	2	0,002411	1,284024	0,343406	5,143253
Dentro dos grupos	0,011267	6	0,001878			
Total	0,016089	8				

**Tabela 26: Análise de variância para o pH no tempo T4 (33 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	0,000422	2	0,000211	0,019	0,981238	5,143253
Dentro dos grupos	0,066667	6	0,011111			
Total	0,067089	8				

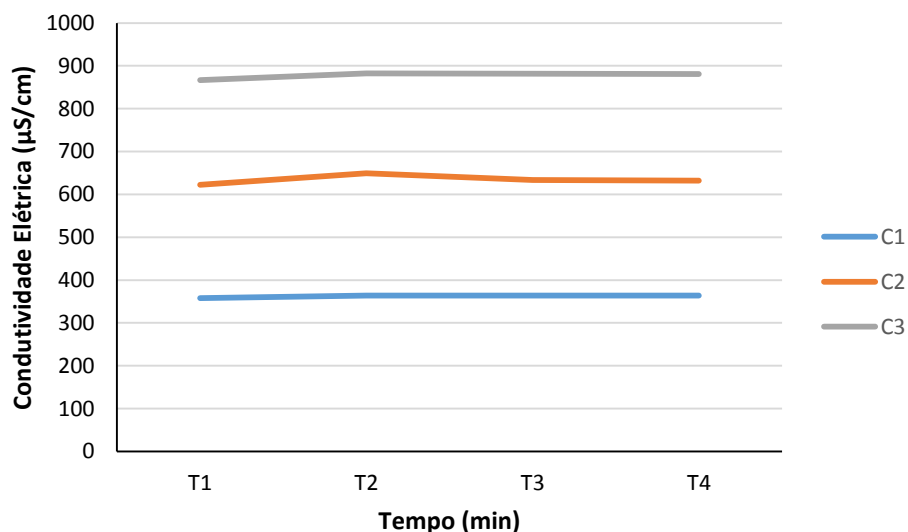
A análise de variância demonstrou que não foi necessário o teste de Tukey, comprovando que não houve diferença significativa entre as diferentes concentrações, visto que todos os valores de P obtidos são acima de 0,05.

## 5.4 CONDUTIVIDADE ELÉTRICA

A Tabela 27 e a Figura 9 apresentam os valores médios de condutividade elétrica, referentes aos três tratamentos utilizadas ao longo do tempo durante o processo de sedimentação. Os resultados de todas as amostras coletadas encontram-se no Anexo 1 deste trabalho.

**Tabela 27: Valores médios para condutividade elétrica ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) durante a sedimentação.**

Tempo de Sedimentação (minutos)	CONDUTIVIDADE ELÉTRICA		
	C1	C2	C3
<b>T1 (3 minutos)</b>	358	622	867
<b>T2 (13 minutos)</b>	364	649	883
<b>T3 (23 minutos)</b>	364	633	881
<b>T4 (33 minutos)</b>	364	632	881



**Figura 9 – Comportamento dos valores médios de condutividade ao longo do tempo de sedimentação.**

Verifica-se por meio da Tabela 27 que para todas as concentrações ocorreram um aumento dos valores de condutividade elétrica ao longo do tempo. Se comparado o valor bruto de  $107,6 \mu\text{S}/\text{cm}$ , pode-se verificar que há um



aumento do parâmetro condutividade com a aplicação da semente de *Moringa oleifera*. Isso é explicado pela maior concentração de sal e proteínas presentes na amostra, fazendo com que aumente proporcionalmente os valores de condutividade elétrica.

Através da Figura 9, temos que a concentração C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>) foi a que apresentou os maiores valores de condutividade elétrica, variando de 867 a 881 µS/cm. Já o a menor concentração C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>) foi responsável pelos menores valores, oscilando entre 358 e 364 µS/cm e C<sub>2</sub> (800 mg.L<sup>-1</sup>) ficou em uma faixa intermediária variando entre 622 e 649 µS/cm, mostrando que a condutividade elétrica aumentou nitidamente entre as concentrações. Vale lembrar que os valores de Condutividade Elétrica obtidos não foram comparados a legislação, visto que não há valores pré-estabelecidos para o mesmo.

Oliveira et al. (2011) comprovou em seu trabalho sobre remoção de turbidez em águas naturais com semente de *Moringa oleifera*, que o parâmetro condutividade elétrica sofreu um aumento de 5,6% devido principalmente à adição de espécies iônicas à solução pelo extrato.

Batista et al (2013) comprovou em seu estudo sobre tecnologias limpas aplicadas ao tratamento de águas no semiárido brasileiro, que para amostras de águas com as concentrações de 1500 e 2200 mg.L<sup>-1</sup> de *Moringa oleifera*, houve aumento considerável nos valores tanto dos sólidos dissolvidos quanto da condutividade elétrica, mostrando que elevadas dosagens do coagulante incorporam vários sais e nutrientes presente na sua composição.

As Tabelas 28 a 31 apresentam a análise de variância para a condutividade elétrica para T1, T2, T3 e T4 respectivamente.

**Tabela 28: Análise de variância para a condutividade elétrica no tempo T1 (3 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	389317,6	2	194658,8	648,6224	9,76E-08	5,143253
Dentro dos grupos	1800,667	6	300,1111			
Total	391118,2	8				

**Tabela 29: Análise de variância para a condutividade elétrica no tempo T2 (13 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	404874,7	2	202437,3	382,2778	4,72E-07	5,143253
Dentro dos grupos	3177,333	6	529,5556			
Total	408052	8				

**Tabela 30: Análise de variância para a condutividade elétrica no tempo T3 (23 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	402202,9	2	201101,4	542,5399	1,66E-07	5,143253
Dentro dos grupos	2224	6	370,6667			
Total	404426,9	8				

**Tabela 31: Análise de variância para a condutividade elétrica no tempo T4 (33 minutos)**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	401650,7	2	200825,3	625,1913	1,09E-07	5,143253
Dentro dos grupos	1927,333	6	321,2222			
Total	403578	8				

De acordo com as análises estatísticas apresentadas temos que o valor de P obtido é menor que 0,05. Isso mostra que houve uma diferença significativa entre as concentrações no decorrer do tempo para o parâmetro Condutividade Elétrica.

Através do teste de Tukey, podemos comparar as médias com 5% de significância através da Tabela 32 onde estão apresentadas as comparações de médias para a condutividade elétrica pelo Teste de Tukey.

**Tabela 32: Comparação de médias para a condutividade elétrica pelo teste de Tukey com 5% de significância.**

	Tempo T1		Tempo T2		Tempo T3		Tempo T4	
	Diferença	P	Diferença	P	Diferença	P	Diferença	P
Média entre Concentrações								
1 a 2	264,33	< 0,01	285,33	< 0,01	269,67	< 0,01	268,67	< 0,01
1 a 3	509,33	< 0,01	518,67	< 0,01	517,67	< 0,01	517,33	< 0,01
2 a 3	245	< 0,01	233,33	< 0,01	248	< 0,01	248,67	< 0,01

Para todas as médias entre as concentrações em todos os tempos ocorreram diferenças significativas, no qual o valor de P obtido foi inferior a 0,01. Entre C<sub>1</sub> e C<sub>3</sub> no tempo T<sub>2</sub>, apresentou uma média diferente e superior estatisticamente as demais, sendo esta de 518,67. Para o tempo T<sub>4</sub>, temos que o valor P é menor que 0,01 quando C<sub>1</sub> e C<sub>3</sub> são comparados com um diferença média superior de 517,33, indicando que a maior concentração C<sub>3</sub> foi a que apresentou a maior Condutividade Elétrica.

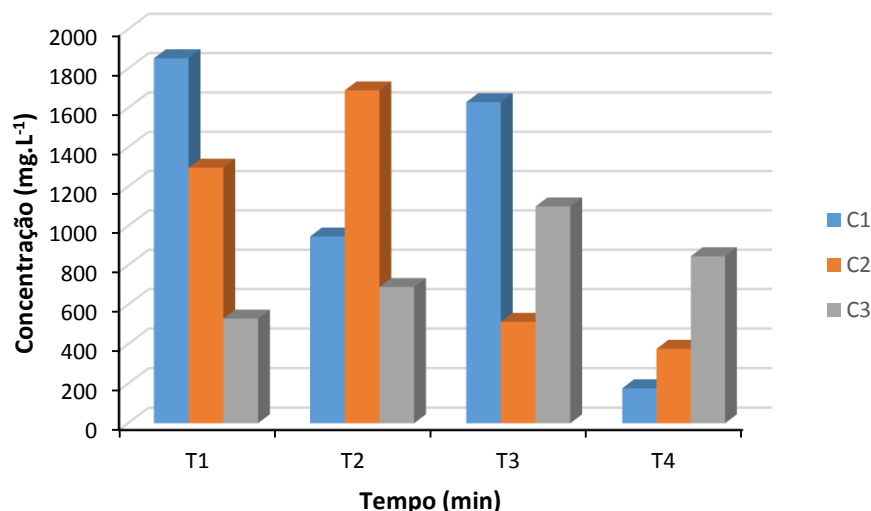
## 5.5 SÉRIE DE SÓLIDOS

### 5.5.1 SÓLIDOS TOTAIS

A Tabela 33 e Figura 10 apresentam os valores médios de sólidos totais, referentes aos três tratamentos utilizadas ao longo do tempo. Os resultados de todas as amostras coletadas encontram-se no Anexo 1 deste trabalho.

**Tabela 33: Valores médios para sólidos totais (mg.L<sup>-1</sup>)**

Concentrações	SÓLIDOS TOTAIS			
	Tempo de Sedimentação			
	T1	T2	T3	T4
<b>C1</b>	1853,33	946,67	1630	176,67
<b>C2</b>	1296,67	1690	513,33	376,67
<b>C3</b>	530	690	1100	846,67



**Figura 10 – Comportamento dos valores médios de sólidos totais ao longo do tempo de sedimentação.**

Observa-se com os resultados que o comportamento dos sólidos totais diminuíram consideravelmente para C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>) de 1853,33 para 176,67 mg/L, já C<sub>2</sub> (800 mg.L<sup>-1</sup>) variou de 1296,67 para 376,67 mg.L<sup>-1</sup>. Para estas duas concentrações, o valor final foi inferior ao bruto da água residuária de piscicultura, que era de 660 mg.L<sup>-1</sup>, comprovando a eficiência da *Moringa oleífera* para a remoção de sólidos totais. No que diz respeito a C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>), o fato de os sólidos totais ao final do processo de sedimentação ser superior, pode ser em decorrência da alta concentração de matéria orgânica, já que C<sub>3</sub> tinha a maior concentração de semente de *Moringa oleífera*, sendo esta de 1200 mg.L<sup>-1</sup>. A legislação CONAMA 357/2005 determina que o valor máximo de sólidos totais seja de até 500 mg.L<sup>-1</sup>, neste caso, apenas C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub> se enquadram neste limite.

Ferreira (2012) verificou em seu trabalho sobre o uso coagulantes naturais como pré-tratamento de efluente de laticínio, que para uma concentração de 20 mg.L<sup>-1</sup> de extrato de *Moringa oleífera* e 50 mg.L<sup>-1</sup> de tanino, obteve um redução de 34,5% de sólidos totais, reduzindo a concentração de 1412 mg.L<sup>-1</sup> para 925 mg.L<sup>-1</sup>.

Por meio da Figura 11, vemos que a maior eficiência de remoção de sólidos totais ocorreu para a concentração C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>) numa proporção de 73%, seguida de C<sub>2</sub> (800 mg.L<sup>-1</sup>) com 42% e a menor foi obtida através de C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>) com -28%. Esse valor de eficiência negativa é explicado pelo fato

da concentração de sólidos totais da água residuária de piscicultura ser inferior ao valor obtido para C<sub>3</sub> ao final do ensaio.

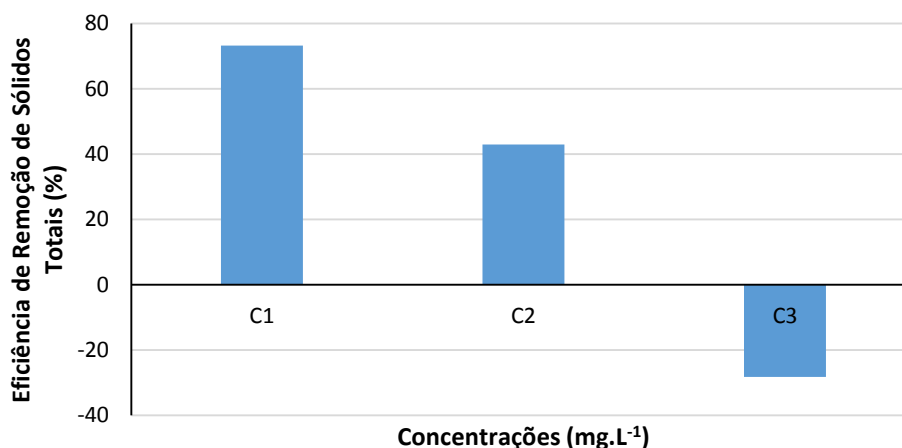


Figura 11 – Eficiência de remoção de sólidos totais para as três concentrações.

A Tabela 34 apresenta a análise de variância para sólidos totais.

**Tabela 34: Análise de variância para sólidos totais**

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	259216,7	2	129608,3	0,379171	0,694863	4,256495
Dentro dos grupos	3076386	9	341820,7			
Total	3335603	11				

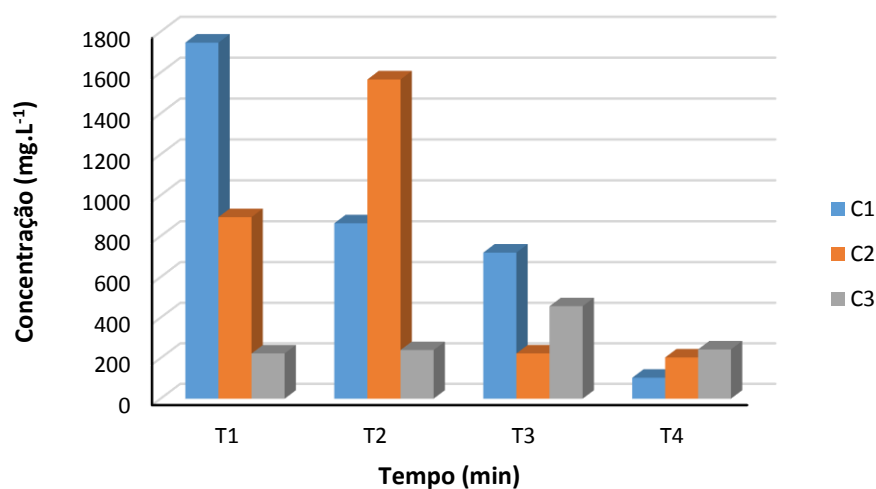
Como o valor P é maior que 0,05, observa-se que não ocorreu diferença significativa para sólidos totais entre as diferentes concentrações, assim não foi necessário realizar o Teste Tukey. Vale ressaltar que para o cálculo dos sólidos totais já é utilizado os valores médios entre as repetições, onde é verificado análise de variância das concentrações em relação ao tempo, por isso é gerado apenas uma tabela.

### 5.5.2 SÓLIDOS FIXOS

A Tabela 35 e Figura 12 apresentam os valores médios de sólidos fixos, referentes aos três tratamentos utilizadas ao longo do tempo. Os resultados de todas as amostras coletadas encontram-se no Anexo 1 deste trabalho.

**Tabela 35: Valores médios para sólidos fixos (mg.L<sup>-1</sup>)**

Concentrações	SÓLIDOS FIXOS			
	Tempo de Sedimentação			
	T1	T2	T3	T4
<b>C1</b>	1746,67	863,33	720	103,33
<b>C2</b>	893,33	1566,67	223,33	203,33
<b>C3</b>	223,33	240	456,67	243,33



**Figura 12 – Comportamento dos valores médios de sólidos fixos ao longo do tempo de sedimentação.**

Através da Figura 12, observa-se um decaimento expressivo para os valores de sólidos para C<sub>1</sub> variando de 1746,67 para 103,33 mg.L<sup>-1</sup>. A concentração C<sub>2</sub> oscilou entre 893,33 e 203,33 mg.L<sup>-1</sup>, enquanto C<sub>3</sub> variou de 223,33 até 243,33 mg.L<sup>-1</sup>.

Observa-se pela Figura 13 que a maior eficiência de remoção de sólidos fixos ocorreu para a concentração C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>) com 31%. Para as

concentrações C<sub>2</sub> (800 mg.L<sup>-1</sup>) e C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>) temos uma eficiência negativa sendo elas de -35 e -62% respectivamente. Os valores de eficiência negativa podem ser explicados pelo fato da concentração de sólidos fixos da água residuária de piscicultura ser inferior aos valores obtidos para C<sub>2</sub> e C<sub>3</sub> ao final do ensaio.

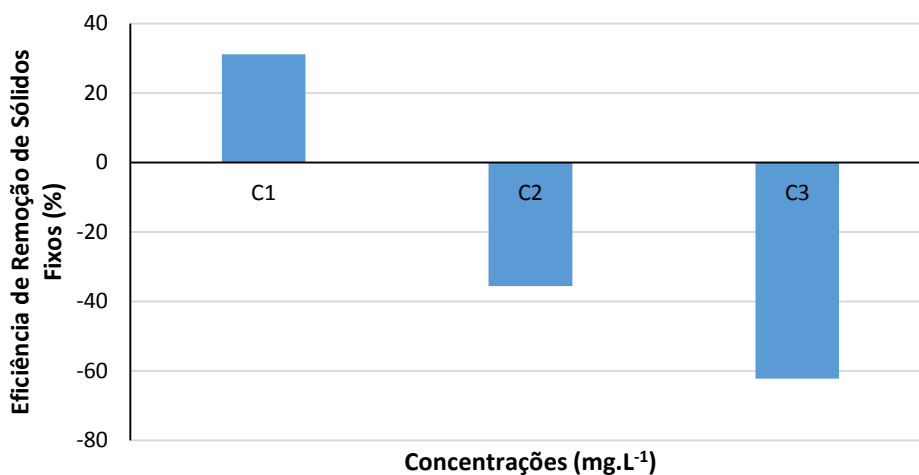


Figura 13 – Eficiência de remoção de sólidos fixos para as três concentrações.

A Tabela 36 apresenta a análise de variância para sólidos fixos.

Tabela 36: Análise de variância para sólidos fixos

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	701801,9	2	350900,9	1,180284	0,350583	4,256495
Dentro dos grupos	2675719	9	297302,2			
Total	3377521	11				

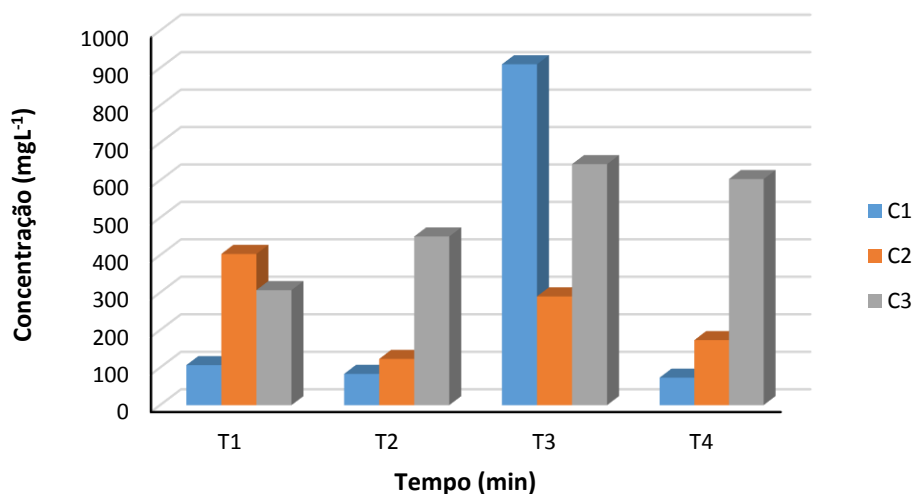
Como não ocorreu diferença significativa para sólidos fixos entre as diferentes concentrações, P maior que 0,05, não foi necessário realizar o Teste Tukey. Para o cálculo dos sólidos fixos já é utilizado os valores médios entre as repetições, onde é verificada análise de variância das concentrações em relação ao tempo, por isso é gerado apenas uma tabela para a análise de variância.

### 5.5.3 SÓLIDOS VOLÁTEIS

A Tabela 37 e Figura 14 apresentam os valores médios de sólidos voláteis, referentes aos três tratamentos utilizadas ao longo do tempo durante o processo de sedimentação. Os resultados de todas as amostras coletadas encontram-se no Anexo 1 deste trabalho.

**Tabela 37: Valores médios para sólidos voláteis (mg.L<sup>-1</sup>)**

Concentrações	SÓLIDOS VOLÁTEIS			
	Tempo de Sedimentação			
	T1	T2	T3	T4
<b>C1</b>	106,67	83,33	910	73,33
<b>C2</b>	403,33	123,33	290	173,33
<b>C3</b>	306,67	450	643,33	603,33



**Figura 14 – Comportamento dos valores médios de sólidos voláteis ao longo do tempo de sedimentação.**

Através da Figura 14, observa-se um decaimento expressivo para os valores de sólidos para C<sub>1</sub> variando de 106,67 para 73,33 mg.L<sup>-1</sup>. A concentração C<sub>2</sub> oscilou entre 403,33 e 173,33 mg.L<sup>-1</sup>, enquanto C<sub>3</sub> variou de 303,67 até 603,33 mg.L<sup>-1</sup>.



A Figura 15 apresenta a eficiência de remoção de sólidos voláteis para as três concentrações.

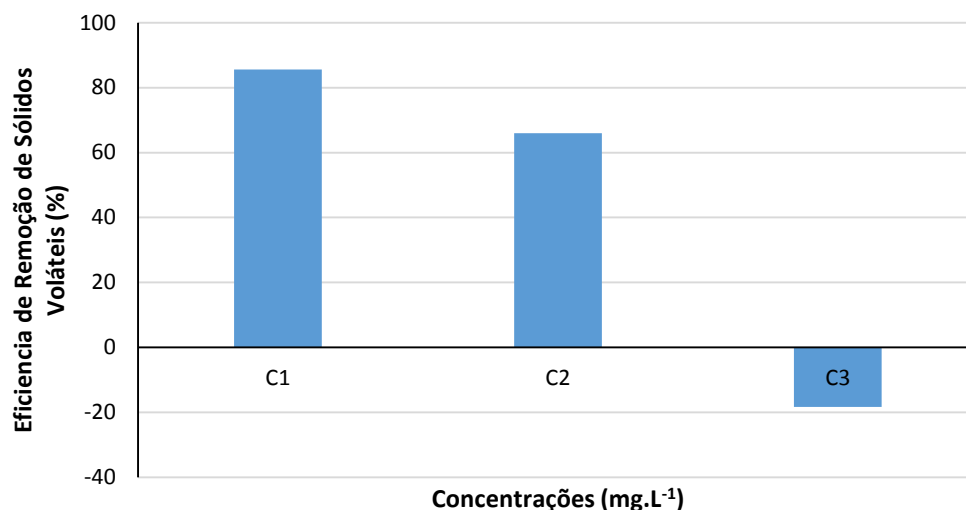


Figura 15 – Eficiência de remoção de sólidos voláteis para as três concentrações.

Observa-se que as maiores eficiências de remoção de sólidos voláteis ficaram em 85,6% para C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>) e 66,0% para C<sub>2</sub> (800 mg.L<sup>-1</sup>). Houve um aumento dos sólidos voláteis para a concentração C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>), no qual pode ser explicado pelo processo de decomposição da *Moringa oleifera*, visto que as análises ocorreram quatro dias após o ensaio.

A Tabela 38 apresenta a análise de variância para sólidos voláteis.

Tabela 38: Análise de variância para sólidos voláteis

Fonte da variação	SQ	GL	MQ	F	valor-P	F crítico
Entre grupos	145779,6	2	72889,81	1,048393	0,389676	4,256495
Dentro dos grupos	625727,8	9	69525,31			
Total	771507,4	11				

Como não ocorreu diferença significativa para sólidos voláteis entre as diferentes concentrações, P maior que 0,05, não foi necessário realizar o Teste Tukey. Para o cálculo dos sólidos voláteis já é utilizado os valores médios entre as repetições, onde é verificada análise de variância das concentrações em relação ao tempo, por isso é gerado apenas uma tabela para a análise de variância.

## 6 CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos neste trabalho, foi possível comprovar que o coagulante natural extraído de semente de *Moringa oleifera* é eficiente para o tratamento de água residuária de piscicultura.

Para os parâmetros turbidez e cor aparente após os ensaios de sedimentação, a concentração C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>) apresentou as maiores eficiências de remoção, sendo estas de 44 e 45%, respectivamente.

Os valores de pH para todas as concentrações não tiveram grandes variações se comparado a amostra bruta, mantendo-se em uma faixa de 6,17 a 6,40 comprovando que a *Moringa oleifera* não altera o pH da água.

Os valores de Condutividade Elétrica obtidos são diretamente proporcionais às concentrações, esse fato pode ser explicado pela maior quantidade de sal e de coagulante. A concentração C<sub>3</sub> (1200 mg.L<sup>-1</sup>) foi a que apresentou os maiores valores de condutividade elétrica, seguidas de C<sub>2</sub> (800 mg.L<sup>-1</sup>) e C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>).

A partir dos resultados encontrados após os ensaios de sedimentação, verifica-se que a concentração C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>) apresentou as melhores eficiências de remoção para a série de sólidos, sendo eles de 73% para sólidos totais, 31% para sólidos fixos e 85% para sólidos voláteis.

No momento não é viável a aplicação do coagulante natural, ainda faltam mais estudos com a análise de mais parâmetros. De acordo com a pesquisa inicial até o momento, a concentração C<sub>1</sub> (400 mg.L<sup>-1</sup>) é a que seria a mais indicada.

O emprego do coagulante extraído de semente de *Moringa oleifera* pode ser benéfico para o tratamento de água residuária de piscicultura, fazendo com que o mesmo seja uma possibilidade mais sustentável.

## REFERÊNCIA

APHA. **Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater**. 22<sup>a</sup> ed. Washington, 2012.

BAPTISTA, Aline T. A. et al. **Concentração/purificação do coagulante obtido da semente de *Moringa oleifera* e sua aplicação no tratamento de água**. 11p. Encontro Nacional de Moringa. Maringa-Pr. 2014.

BARBOSA, Gisele. M. **Processo de clarificação convencional combinado com microfiltração visando ao reúso de efluente da indústria sucroalcooleira**. 2011. 176 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Escola de Química, Rio de Janeiro, 2011.

BATISTA, Rafael O. et al. **Tecnologias limpas aplicadas ao tratamento de água superficial no semiárido brasileiro**. Enciclopédia Biosfera. Centro Científico Conhecer. Goiânia, v.9, N.16; p. 2013

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Resolução nº 274, de 25 de janeiro de 2000. Definição dos critérios de balneabilidade em águas brasileiras. **Diário Oficial da União**. Poder executivo, Brasília, DF, 25 de janeiro de 2000. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=272>>. Acesso em : 20 de abr. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Resolução nº 357, de 17 de março de 2005. Dispõe sobre a classificação dos corpos de água e diretrizes ambientais para o seu enquadramento, bem como estabelece as condições e padrões de lançamento de efluentes, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**. Poder executivo, Brasília, DF, 18 de março de 2005. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res05/res35705.pdf>>. Acesso em: 20 de abr. 2015.

BRASIL. Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. Dispõe sobre condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – Conama. **Diário Oficial da União**. Poder executivo, Brasília, DF, 16 de maio de 2011. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646>>. Acesso em: 26 de mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Pesca e Aquicultura. **Produção**. Brasília-DF, 18 de junho de 2014. Disponível em:  
<<http://www.mpa.gov.br/index.php/aquicultura/producao>>. Acesso em: 26 de mar. 2015.

BRASIL. Ministério da Saúde. Portaria nº 2914, de 12 de dezembro de 2011. Dispõe sobre os procedimentos de controle e de vigilância da qualidade da água para consumo humano e seu padrão de potabilidade. **Diário Oficial da União**. Poder executivo, Brasília, DF, 12 de dezembro de 2011. Disponível em:  
<[http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914\\_12\\_12\\_2011.html](http://bvsms.saude.gov.br/bvs/saudelegis/gm/2011/prt2914_12_12_2011.html)>. Acesso em : 20 de abr. 2015.

BOURSCHEIDT, Cristiane T. et al. **Coagulação/floculação de águas residuárias do processamento de pescado utilizando *Moringa oleifera Lam.*** 10p. Encontro Nacional de Moringa. Maringa-Pr. 2014.

CAMACHO ,Franciele et al. **Uso do coagulante natural moringa oleifera no tratamento de água com florações de cianobactérias.** 7p. Encontro Nacional de Moringa. Maringa-Pr. 2014.

CARVALHO, Maria J. H. **Uso de coagulantes naturais no processo de obtenção de água potável.** 2008. 154 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana) – Departamento de Engenharia Civil. Universidade Estadual de Maringá. 2008.

COSTA, Bruno S. **Avaliação das sementes de Moringa oleifera como biosorvente aplicado a remoção de cádmio e cromo em sistemas aquíferos.** 2011. 15 f. Universidade Federal de Goiás - Campus Catalão. Catalão-Go. 2011.

CREPALDI, Daniel V. et al. Sistemas de produção na piscicultura. **Revista Brasileira de Reprodução Animal**, v.30,n.3, p.86-99. 2006. Disponível em:  
<[http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/RB065%20Crepaldi%20\(sistemas%20de%20producao\)%20pag%2086-99.pdf](http://www.cbra.org.br/pages/publicacoes/rbra/download/RB065%20Crepaldi%20(sistemas%20de%20producao)%20pag%2086-99.pdf)>. Acesso em:19 mar. 2015.

CYRINO, José E.P. et. al. **Curso de Atualização em Pscicultura.** Departamento de Zootecnia, ESALQ USP. Piracicaba, SP. 2008.

FERREIRA, Renata P. **Uso de coagulantes naturais como pré-tratamento de efluente de laticínio**. 2012. 75p. Universidade de São Paulo. Escola de Engenharia de Lorena. 2012.

FRANCO, Monalisa. et al. **Uso de coagulante a partir de sementes de *Moringa oleífera* como auxiliar na coagulação química com PAC e FeCl<sub>3</sub>**. 2º encontro Nacional de Moringa. Aracaju-Se. 2010.

FRANCO, Monalisa. **Uso de coagulante extraído de semente de *Moringa oleífera* como auxiliar no tratamento de água por filtração em múltiplas etapas**. 2010. 109f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Faculdade de Engenharia Agrícola, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2010.

GALLÃO, Maria.I.;DAMASCENO, Leandro. F; BRITO, Edy. S. de. Avaliação química e estrutural da semente de Moringa. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.1, p.106 -109, 2006. Disponível em: <<http://www.ccarevista.ufc.br/seer/index.php/ccarevista/article/viewFile/224/219>>. Acesso em: 3 abr. 2015.

GUEDES, Claudia D. et al. **O uso da *Moringa oleífera* na clarificação de águas superficiais de mineração de ferro, um problema ambiental das regiões produtoras de minério de ferro do BrasilB**. 9 p. 2º encontro Nacional de Moringa. Aracaju-Se. 2010.

KATAYON, S. et al. **Effects of storage conditions of *Moringa oleífera* seeds on its performance in coagulation**. Biores. Tech., v. 97, n. 13, pp. 1455-1460, 2006.

LIBÂNIO, Marcelo. **Fundamentos de qualidade e tratamento de água**. 3º ed. 494p. Editora Átomo. Campinas,SP. 2010.

LIBÂNIO, Paulo A. C. et al. **A dimensão da qualidade de água: avaliação da relação entre indicadores sociais, de disponibilidade hídrica, de saneamento e de saúde pública**. Engenharia Sanitária e Ambiental. Vol 10 nº3. Rio de Janeiro. 2005.

LOPES, Jackelline. C. O. **Piscicultura**. Colégio Agrícola de Floriano. Universidade Federal do Piauí . 80p. 2012.

MERCANTE, Cacilda T. J. et al. **Qualidade da água em viveiro de Tilápia do Nilo (*Oreochromis niloticus*): caracterização diurna de variáveis físicas,**

**químicas e biológicas, São Paulo, Brasil.** Revista semestral do Centro de Ciências da Vida da Pontifícia Universidade Católica de Campinas. Bioikos. Campinas, SP, p.79-88, jul./dez. 2007.

NISHI, Letícia. *et al.* **Coagulação/Floculação com Sementes de *Moringa oleifera* Lam para Remoção de Cistos de *Giargia* spp. E Oocistos de *Cryptosporidium* spp. da água.** 9 p. São Paulo, SP. 2011.

NOVAIS, Elisângela S. **UTILIZAÇÃO DE POLÍMEROS CATIÔNICOS E ANIÔNICOS NO TRATAMENTO DE EFLUENTES.** FACULDADE DE TECNOLOGIA DE SOROCABA. Curso de Tecnologia em Polímeros – Produção em Plásticos. Sorocaba, SP. 2012.

OLIVEIRA, Luana L. *et al.* **Análise da taxa de remoção de turbidez em águas naturais utilizando-se extrato de sementes de *Moringa oleifera* Lam.** Revista Brasileira de Agropecuária Sustentável (RBAS), v.1, n.1, p.204-210, Julho, 2011.

OSTRENSKY, Antônio. *et al.* **Estudo setorial para consolidação de uma aquicultura sustentável no Brasil.** 279p. Editoração. Curitiba-Pr. 2007.

OSTRENSKY, Antônio. *et al.* **Aquicultura no Brasil: o desafio é crescer.** 276 p. Brasília. 2008

PATERNIANI, José E. S. *et al.* **Uso de sementes de *Moringa oleifera* para tratamento de águas superficiais.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB. v.13, n.6, p.765–771, 2009.

PAVANELLI, Gerson. **Eficiência de diferentes tipos de coagulantes na coagulação, floculação e sedimentação de água com cor ou turbidez elevada.** 2001. 216f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos. Universidade de São Paulo. 2001.

PEREIRA, Edilaine. R. *et al.* **Aplicação da *Moringa oleifera* como coagulante natural no tratamento de água de piscina.** 11p. Maringá, PR. 2014.

QUARTAROLI, Larissa. *et al.* **Aplicação de polímeros aniônico e catiônico na flotação por ar dissolvido como forma de pós-tratamento de efluente de indústria de papel e celulose.** Scientia Forestalis. Piracicaba, SP. v. 42, n. 101, p. 57-67, mar. 2014.

RESENDE, Driano et al. **Redução do íon nitrato de água coletada em fontes subterrâneas da região de maringá- pr, com sementes de *Moringa oleifera* lam.** 9p. Encontro Nacional de Moringa. Maringá-Pr. 2014.

SCHOENHALS, Marise. **Avaliação Da Eficiência Do Processo De Flotação Aplicado Ao Tratamento Primário De Efluentes De Abatedouro Avícola.** 2006. 87f. Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2006.

SCHWARZ, Dishna. **Water clarification using *Moringa oleifera*.** Eschborn: Gate Information Service, 2000.

SILVA, Gustavo Henrique Gonzaga da. **Utilização de macrófitas aquáticas flutuantes ( *Eichhornia crassipes*, *Pistia stratiotes* e *Salvinia molesta*) no tratamento de efluentes de piscicultura e possibilidades de aproveitamento da biomassa vegetal.** 2001. 79f. Dissertação (Mestrado) – Centro de Aquicultura, CAUNESP, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP, 2001.

SILVA, Leandro C. Et al. **Estudo da remoção de cor e turbidez de efluentes através do processo de coagulação/floculação.** 2011. 6 f. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Toledo-Pr. 2011.

SILVA, Mariana S. G. M. at al. **Aquicultura: manejo e aproveitamento de efluentes.** 2013. 40f. Embrapa Meio Ambiente. Jaguariúna, São Paulo. 2013.

THEODORO, Joseane D. P. **Estudo dos mecanismo de coagulação/floculação para a obtenção de água de abastecimento para o consumo humano.** 2012. 184f. Tese (Doutorado em Engenharia Química, área de desenvolvimento de processos) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá. 2012.

VAZ, Luiz G. **Performance do processo de coagulação/floculação no tratamento o efluente líquido gerado na galvanoplastia.** 2009. 100f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Centro de Engenharias e Ciências Exatas, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Toledo, 2009.

VOLTAN, Paulo E. N. **Avaliação da ruptura e do recrescimento de flocos na eficiência de sedimentação em água com turbidez elevada.** 2007. 113f.

Dissertação (Mestrado em Hidráulica e Saneamento) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2007.

VON SPERLING, Marcos. **Princípios básicos do tratamento de esgotos.** (Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias; vol.2, Belo Horizonte. Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental. Universidade Federal de Minas Gerais. DESA-UFMG, 211p. 1996.

ZANIBONI FILHO, Evoy. **Tratamento de efluentes da piscicultura.** E.1, 24 p., 2005, Campo Grande, MS. Anais... Campo Grande, MS, 2005.



## ANEXO 1

**Tabela A.1 - Valores de Turbidez para cada repetição (NTU)**

C1T1R1	25,30	C2T1R1	37,80	C3T1R1	44,80
C1T1R2	25,10	C2T1R2	36,80	C3T1R2	47,60
C1T1R3	26,20	C2T1R3	36,70	C3T1R3	47,40
C1T2R1	24,20	C2T2R1	31,90	C3T2R1	38,10
C1T2R2	25,00	C2T2R2	33,40	C3T2R2	44,90
C1T2R3	27,20	C2T2R3	33,70	C3T2R3	41,80
C1T3R1	22,00	C2T3R1	29,30	C3T3R1	33,60
C1T3R2	22,20	C2T3R2	29,70	C3T3R2	34,70
C1T3R3	23,40	C2T3R3	28,20	C3T3R3	31,40
C1T4R1	20,50	C2T4R1	26,20	C3T4R1	26,00
C1T4R2	19,70	C2T4R2	25,20	C3T4R2	26,10
C1T4R3	20,80	C2T4R3	21,00	C3T4R3	24,90

**Tabela A.2 - Valores de Cor Aparente para cada repetição (mgPt-Co/L)**

C1T1R1	86,00	C2T1R1	134,00	C3T1R1	181,00
C1T1R2	91,00	C2T1R2	128,00	C3T1R2	186,00
C1T1R3	99,00	C2T1R3	130,00	C3T1R3	181,00
C1T2R1	80,00	C2T2R1	121,00	C3T2R1	148,00
C1T2R2	85,00	C2T2R2	123,00	C3T2R2	166,00
C1T2R3	90,00	C2T2R3	155,00	C3T2R3	126,00
C1T3R1	81,00	C2T3R1	110,00	C3T3R1	130,00
C1T3R2	74,00	C2T3R2	99,00	C3T3R2	122,00
C1T3R3	87,00	C2T3R3	109,00	C3T3R3	115,00
C1T4R1	73,00	C2T4R1	90,00	C3T4R1	100,00
C1T4R2	71,00	C2T4R2	89,00	C3T4R2	97,00
C1T4R3	73,00	C2T4R3	81,00	C3T4R3	100,00

**Tabela A.3 - Valores de pH para cada repetição**

C1T1R1	6,14	C2T1R1	6,12	C3T1R1	6,31
C1T1R2	6,21	C2T1R2	6,32	C3T1R2	6,35
C1T1R3	6,15	C2T1R3	6,24	C3T1R3	6,21
C1T2R1	6,36	C2T2R1	6,44	C3T2R1	6,41
C1T2R2	6,46	C2T2R2	6,45	C3T2R2	6,38
C1T2R3	6,54	C2T2R3	6,51	C3T2R3	6,41
C1T3R1	6,49	C2T3R1	6,44	C3T3R1	6,45
C1T3R2	6,50	C2T3R2	6,46	C3T3R2	6,47
C1T3R3	6,58	C2T3R3	6,54	C3T3R3	6,49
C1T4R1	6,32	C2T4R1	6,38	C3T4R1	6,37
C1T4R2	6,41	C2T4R2	6,30	C3T4R2	6,36
C1T4R3	6,50	C2T4R3	6,58	C3T4R3	6,48

**Tabela A.4- Valores de Condutividade Elétrica para cada repetição ( $\mu\text{S/cm}$ )**

C1T1R1	350,00	C2T1R1	624,00	C3T1R1	852,00
C1T1R2	356,00	C2T1R2	619,00	C3T1R2	900,00
C1T1R3	367,00	C2T1R3	623,00	C3T1R3	849,00
C1T2R1	354,00	C2T2R1	642,00	C3T2R1	866,00
C1T2R2	361,00	C2T2R2	628,00	C3T2R2	915,00
C1T2R3	377,00	C2T2R3	678,00	C3T2R3	867,00
C1T3R1	354,00	C2T3R1	636,00	C3T3R1	866,00
C1T3R2	360,00	C2T3R2	630,00	C3T3R2	917,00
C1T3R3	377,00	C2T3R3	634,00	C3T3R3	861,00
C1T4R1	354,00	C2T4R1	634,00	C3T4R1	862,00
C1T4R2	361,00	C2T4R2	628,00	C3T4R2	914,00
C1T4R3	376,00	C2T4R3	635,00	C3T4R3	867,00

**Tabela A.5 - Valores de Sólidos Totais para cada repetição (mg/L)**

C1T1R1	2690	C2T1R1	2540	C3T1R1	760
C1T1R2	310	C2T1R2	1060	C3T1R2	360
C1T1R3	2560	C2T1R3	290	C3T1R3	470
C1T2R1	220	C2T2R1	2330	C3T2R1	960
C1T2R2	2490	C2T2R2	220	C3T2R2	390
C1T2R3	130	C2T2R3	2520	C3T2R3	720
C1T3R1	2410	C2T3R1	470	C3T3R1	670
C1T3R2	160	C2T3R2	690	C3T3R2	1070
C1T3R3	2320	C2T3R3	380	C3T3R3	1560
C1T4R1	150	C2T4R1	240	C3T4R1	710
C1T4R2	220	C2T4R2	340	C3T4R2	1010
C1T4R3	160	C2T4R3	550	C3T4R3	820

**Tabela A.6 - Valores de Sólidos Fixos para cada repetição (mg/L)**

C1T1R1	2650	C2T1R1	2520	C3T1R1	260
C1T1R2	60	C2T1R2	120	C3T1R2	340
C1T1R3	2530	C2T1R3	40	C3T1R3	70
C1T2R1	90	C2T2R1	2310	C3T2R1	270
C1T2R2	2420	C2T2R2	10	C3T2R2	160
C1T2R3	80	C2T2R3	2380	C3T2R3	290
C1T3R1	0	C2T3R1	120	C3T3R1	100
C1T3R2	70	C2T3R2	250	C3T3R2	190
C1T3R3	2090	C2T3R3	300	C3T3R3	1080
C1T4R1	140	C2T4R1	20	C3T4R1	300
C1T4R2	20	C2T4R2	250	C3T4R2	50
C1T4R3	150	C2T4R3	340	C3T4R3	380

**Tabela A.7 - Valores de Sólidos Voláteis para cada repetição (mg/L)**

C1T1R1	40	C2T1R1	20	C3T1R1	500
C1T1R2	250	C2T1R2	940	C3T1R2	20
C1T1R3	30	C2T1R3	250	C3T1R3	400
C1T2R1	130	C2T2R1	20	C3T2R1	690
C1T2R2	70	C2T2R2	210	C3T2R2	230
C1T2R3	50	C2T2R3	140	C3T2R3	430
C1T3R1	2410	C2T3R1	350	C3T3R1	570
C1T3R2	90	C2T3R2	440	C3T3R2	880
C1T3R3	230	C2T3R3	80	C3T3R3	480
C1T4R1	10	C2T4R1	220	C3T4R1	410
C1T4R2	200	C2T4R2	90	C3T4R2	960
C1T4R3	10	C2T4R3	210	C3T4R3	440